

III Seminario de Gestión del Riesgo Agropecuario

RESÚMENES

Editores : Silvina Cabrini, Verónica García Fronti, Laura Gastaldi, Gabriel Lacelli,
Laura Pellerano y Ana Vilker.

III Seminario de Gestión del Riesgo Agropecuario

RESÚMENES

Editores: Silvina Cabrini, Verónica García Fronti, Laura Gastaldi, Gabriel Lacelli,
Laura Pellerano y Ana Vilker.

Imagen de la tapa: Ing. Edgardo Leonhardt. Cultivo de Girasol. Provincia de Chaco.

Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria



Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Pesca



Ministerio de Economía
Argentina

Estación Experimental Agropecuaria Pergamino
2023

arte & diseño
www.soniapirchi.com

ISSN: 2718-6210
INTA EEA Pergamino

Indicadores económicos e informes técnicos

ISSN: 2718-6210 INTA EEA Pergamino

Informe Técnico N° 6. Julio 2023

URL: <https://inta.gob.ar/documentos/indicadores-economicos-e-informes-tecnicos>

Este informe es editado en la Estación Experimental Agropecuaria Pergamino de INTA INTA EEA Pergamino Av. Frondizi (Ruta 32) Km 4,5 C.P. 2700 Pergamino Buenos Aires República Argentina 02477-439076

Responsables: PhD. Silvina María Cabrini e Ing. Agr. Francisco Antonio Fillat técnicos del grupo economía y sociología INTA EEA Pergamino.

CONTENIDO

05. Introducción

06

Bloque 1 :

Utilización de la información climática en la producción agropecuaria

- 07. RESULTADOS PRELIMINARES DEL RELEVAMIENTO DEL USO DE INFORMACIÓN CLIMÁTICA PARA LA TOMA DE DECISIONES EN EL SECTOR AGROPECUARIO.
- 13. RESULTADOS PRELIMINARES DEL RELEVAMIENTO DEL USO DE INFORMACIÓN CLIMÁTICA PARA LA TOMA DE DECISIONES EN EL SECTOR AGROPECUARIO.
- 20. EL IMPACTO EN LA PRODUCCIÓN DEL TRIGO DEL EFECTO CLIMÁTICO LA NIÑA EN LAS ZONAS: NORTE Y SUDESTE DE LA PROVINCIA DE BS. AS.
- 29. EL USO DE PRONÓSTICOS METEOROLÓGICOS Y CLIMÁTICOS EN LA AGRICULTURA DEL MEDIO OESTE DE ESTADOS UNIDOS.
- 39. UNA MIRADA SISTÉMICA AL PROCESO DE DIFUSIÓN DE LA INFORMACIÓN METEOROLÓGICA PARA LA TOMA DE DECISIONES DE LOS PRODUCTORES AGROPECUARIOS EN EL NORTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES.

49.

BLOQUE 2:

Riesgo y ambiente

- 50. EVALUACIÓN DE RIESGO DE CONDICIONES HÍDRICAS FUTURAS EN DOS ESCALAS TEMPORALES UTILIZANDO MODELOS DE PRONÓSTICO DE VARIABLES METEOROLÓGICAS.
- 57. MODELANDO EL RIESGO DE INCENDIOS EN ARGENTINA – UNA CONTRIBUCION A LAS POLITICAS DE MANEJO DEL FUEGO.
- 63. HUELLA DE CARBONO DE PRODUCCIONES DE TRIGO (TRITICUM AESTIVUM L.): COMPARACIÓN ENTRE LAS REGIONES DE BUENOS AIRES NORTE Y DE NUEVO BRANDEBURGO.
- 69. ANALISIS DE LOS RIESGOS DE TRANSICIÓN, OPCIONES DE MITIGACIÓN Y LA TRANSICIÓN A PROTEÍNAS ALTERNATIVAS EN EL CONTEXTO DEL SECTOR AGRÍCOLA ARGENTINO.
- 77. ANÁLISIS DE RENTABILIDAD EN LA ACTIVIDAD HORTÍCOLA A PARTIR DEL SIGCHA: ESTUDIO DE CASO DE UNA CHACRA AGROECOLÓGICA EN LA COMARCA ANDINA DEL PARALELO 42.

85.

BLOQUE 3:

Impactos de la variabilidad climática en la producción agropecuaria

- 86. VARIABILIDAD, TENDENCIA Y EVENTOS EXTREMOS EN LOS RENDIMIENTOS AGRÍCOLAS A NIVEL DEPARTAMENTAL EN LA PROVINCIA DE CÓRDOBA.
- 95. EL EFECTO CLIMÁTICO EN LA VARIABILIDAD Y TENDENCIA DE LA PRODUCCIÓN GANADERA DE CHACO Y CORRIENTES

CONTENIDO

85.

BLOQUE 3: Impactos de la variabilidad climática en la producción agropecuaria

- 103. PRONÓSTICO DE LA PRODUCCIÓN DE SOJA EN ARGENTINA UTILIZANDO LOS VALORES DEL BALANCE HIDRÍCO.
- 109. IMPACTO ECONÓMICO DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA DE LA PROVINCIA DE CHACO.
- 124. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS PÉRDIDAS DE PRODUCCIÓN POR HELADAS EN LOS OASIS DE LA PROVINCIA DE MENDOZA E IDENTIFICACIÓN DE EVENTOS EXTREMOS.

134.

BLOQUE 4: Modelos de simulación para la cuantificación del riesgo.

- 135. REDUCCIÓN DEL RIESGO POR DIVERSIFICACIÓN PRODUCTIVA EN LA REGIÓN PAMPEANA NUCLEO.
- 140. ANÁLISIS DEL RIESGO DE LOS SISTEMAS GANADEROS DE ISLAS.
- 146. COEFICIENTES DE CORRELACIÓN AFECTA LOS RESULTADOS DE UN MODELO DE PORTFOLIO AGRÍCOLA EVALUADO CON SIMULACIÓN MONTE CARLO?
- 154. IMPACTO DE LA ELECCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD DE LAS VARIABLES ALEATORIAS SOBRE LA ESTIMACIÓN DEL RIESGO ECONÓMICO DE UN MODELO DE PRODUCCIÓN LECHERA DE ENTRE RÍOS.

Introducción

Nuevamente, y por tercer año consecutivo, nos convocamos para compartir los avances académicos en materia de riesgo agropecuario. Antes ya lo habíamos hecho en septiembre de 2020 y en el mismo mes del 2021; en ambas ocasiones la pandemia nos obligó a hacerlo de manera virtual. Este 2022, sin renunciar a las ventajas que ofrece la virtualidad, optamos por una modalidad mixta. Fue así que durante el jueves 29 y viernes 30 de septiembre, más de 60 profesionales en forma presencial y 40 en modo virtual, nos encontramos en la sede de la Facultad de Ciencias Económicas de la UBA. Y no podría haber sido en otro espacio, ya que ese fue el lugar que habíamos elegido cuando empezamos a pensar estos encuentros, allá por noviembre de 2019 en un seminario organizado por la Universidad Nacional de Formosa.

No hace falta destacar aquí la importancia que reviste en nuestro país el sector agropecuario y forestal y sus entramados y cadenas de agregado de valor, no sólo para las economías regionales y la nacional, sino también en la generación de trabajo y la raigambre cultural y social de vastos segmentos de la población. Sí queremos subrayar la necesidad de avanzar en la generación de estudios que permitan conocer, caracterizar y mensurar los riesgos de esta actividad a los fines de contribuir a la generación de políticas públicas y herramientas de gestión privada de los mismos.

Con ese propósito desde el INTA [sobre tres pilares: el Proyecto “Gestión integral del riesgo agropecuario”, el Instituto de Clima y Agua y el Instituto de Investigación en Economía y Prospectiva] y la FCE-UBA [con el Centro de Investigación en Métodos Cuantitativos aplicados a la Economía y la Gestión perteneciente al Instituto de Investigaciones en Administración, Contabilidad y Métodos Cuantitativos para la Gestión,

“CMA-IADCOM”], hemos generado un espacio de encuentro para el intercambio, el debate y la capacitación que, en formato de seminarios, nos convoca a compartir los avances en tan estratégica temática. Presentamos aquí los resúmenes de los 20 trabajos presentados. Se ordenan en cuatro ejes temáticos que dan cuenta de la diversidad de abordajes: el uso de la información climática en la producción agropecuaria, los riesgos asociados a un aumento de las regulaciones ambientales, los impactos de la variabilidad climática sobre la producción y el uso de modelos de simulación para cuantificar el riesgo tanto a nivel macro como de una empresa individual. Además, tuvimos la oportunidad de compartir un panel de expertos sobre el uso de herramientas de mercado para la gestión del riesgo, como es el caso de los mercados derivados, las estrategias de futuros y opciones y el riesgo de base en los contratos de futuro. La conferencia de cierre fue sobre “Big data para toma de decisiones en agricultura” que nos dejó pensando que ese tema es materia de estudio sobre el que tendremos que focalizar esfuerzos, no en el futuro, sino ya mismo. La apertura, a cargo de altas autoridades tanto de INTA como de la FCE, da cuenta de la relevancia política, institucional y académica del evento.

Desde el equipo editorial queremos agradecer el apoyo la Universidad Nacional Noroeste de Buenos Aires (UNNOBA) y la Asociación Argentina de Economía Agraria (AAEA) por su interés en apoyar y difundir esta iniciativa. También al equipo de comunicaciones de la Experimental Pergamino del INTA, impecable y profesional en la transmisión por streaming de todo el encuentro. Esperamos que esta publicación sea de utilidad para avanzar en la resolución de problemas tan caros al sistema agropecuario, forestal y agroindustrial argentino.

Equipo Editorial

Silvina Cabrini, Verónica García Fronti, Laura Gastaldi, Gabriel Lacelli, Laura Pellerano y Ana Vilker

¹ La totalidad de las sesiones de dos días del III Seminario en gestión del riesgo agropecuario, realizado los días 29 y 30 de septiembre de 2022, pueden encontrarse en el link https://www.youtube.com/watch?v=D_UWH3Nnq7s y https://www.youtube.com/watch?v=PE1_tK0sYMM



1

BLOQUE

Utilización de la información
climática en la producción
agropecuaria

RESULTADOS PRELIMINARES DEL RELEVAMIENTO DEL USO DE INFORMACIÓN CLIMÁTICA PARA LA TOMA DE DECISIONES EN EL SECTOR AGROPECUARIO

*

NATALIA GATTINONI ¹ ; ESTELA CRISTECHE ²; SILVINA CABRINI ³ ; MARIA LAURA GARCIA ⁴
PABLO MERCURI ⁴

¹ Instituto de Clima y Agua, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

² Centro de Investigación en Economía y Prospectiva Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

³ EEA Pergamino, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

⁴ Centro de Investigación de Recursos Naturales, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

gattinoni.natalia@inta.gob.ar

Resumen

La disponibilidad de información y de pronósticos climáticos y/o meteorológicos es fundamental para la toma de decisiones de los productores agropecuarios. La misma puede ser útil para reducir el riesgo en la producción considerándose un aporte para el diseño de sistemas resilientes y para la toma de medidas de adaptación. Sin embargo, estudios previos informaron sobre la existencia de barreras para el uso de los pronósticos climáticos, asociadas a la falta de accesibilidad como a la existencia de dificultades para la correcta interpretación y uso de los mismos. Con la premisa de responder las siguientes preguntas claves: ¿Qué información climática utilizan los productores agropecuarios? ¿Cuál es la percepción sobre las condiciones climáticas y cómo afectan las actividades productivas? ¿Cuáles son las prácticas que son modificadas vinculadas con esta información? ¿Qué oportunidades existen para mejorar la provisión de información climática para los productores agropecuarios?, se realizaron reuniones con productores utilizando la metodología de grupos focales. El objetivo del presente trabajo es mostrar los primeros resultados de los grupos focales realizados entre 2021 y 2022 con productores agropecuarios de las regiones Pampeana y extra-pampeanas considerando las diferencias agroecológicas en los sistemas de producción modales y aprovechando las capacidades técnicas en las diferentes regiones del INTA.

Palabras claves: información climática, pronósticos climáticos.

Abstract

The availability of climate and/or meteorological information and forecasts is essential for decision-making by agricultural producers. It can be useful to reduce the risk in production, being considered a contribution for the design of resilient systems and adaptation measures. However, previous studies reported the existence of barriers to the use of climate forecasts, associated with the lack of accessibility as well as the incorrect interpretation and use of the same. With the premise of answering the following key questions: What climate information do agricultural producers use?, What is the perception of climatic conditions and how do they affect productive activities?, What are the practices that are modified linked to this information?, meetings were held with producers using the focus group methodology.

The objective of this paper is to show the first results of the focus groups carried out between 2021 and 2022 with agricultural producers from the Pampas and extra-pampas regions, considering the agroecological differences in the modal production systems and taking advantage of the technical capacities in INTA.

Keywords: climate information, climate forecasts

Introducción

Pronóstico con riesgo climático

Varios autores han estudiado cómo los productores agropecuarios acceden a la información climática y en qué medida, esta información, influye en sus decisiones. Mase y Prokopy (2014) realizaron una revisión de artículos publicados sobre las percepciones y el uso de la información climática, pronósticos y herramientas de soporte de decisiones en Australia, Estados Unidos y Canadá en un periodo de 30 años. Un 80% de los trabajos incluidos en esta revisión analiza la utilización de los pronósticos basados en el fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENSO). Sobre la utilidad de los pronósticos climáticos o de largo plazo (PC) en agricultura se mencionan en la literatura situaciones diversas; en algunas regiones los productores hacen énfasis en los pronósticos de corto plazo, que son percibidos como los de mayor utilidad frente a los PC que tienen asociada mayor incertidumbre. En otras regiones, con mayor importancia de la actividad ganadera, los PC están siendo utilizados para planificar actividades por la mayoría de los productores. Se identifica el contraste entre los pronósticos meteorológicos de corto plazo como precisos y confiables, y los PC con falta de exactitud y dificultad para llevar la información a una escala local.

En la región Pampeana Argentina, en un estudio realizado en el partido de Pergamino, Buenos Aires, Letson et al. (2001) reportan que más de la mitad de los agricultores utilizan poco o nada los PC. Las dificultades en la interpretación de los pronósticos y la información incompleta sobre cómo afecta el fenómeno ENSO a sus cultivos, se señalan como limitaciones en el uso de la información climática. Los autores recomiendan reducir la información climática en el espacio y el tiempo para que sea

valiosa para la toma de decisiones a escala de lote.

En un estudio más reciente llevado a cabo en otros partidos de Buenos Aires: Junín y San Justo, Hernández et al. (2014) estudiaron las percepciones sobre la variabilidad climática. Con un enfoque cualitativo, se identifican casos de productores que tienen en cuenta los efectos del fenómeno ENSO para planificar cultivos y actividades.

La disponibilidad de información oportuna y de pronósticos climáticos y/o meteorológicos para los productores agropecuarios y entes gubernamentales es fundamental para la toma de decisiones. A su vez, el aumento en la variabilidad climática ha incrementado la demanda de información climática para favorecer dicha toma de decisiones.

El presente estudio se enmarca dentro de las actividades propuestas por dos proyectos de la cartera 2019 del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), los proyectos PD-I222 "Evaluación de impacto de tecnologías y del cambio tecnológico" y PD-I065 "Gestión integral del riesgo agropecuario", y en el marco de los objetivos planteados en el Plan de Centro de Investigaciones de Recursos Naturales (CIRN) del INTA. En el trabajo de García et al. (2021) se presentaron los objetivos principales del proyecto así como la metodología implementada. Dicha metodología se basó en la realización de distintos grupos focales (GF) permitiendo la interacción de los participantes para explorar sus percepciones, experiencias, actitudes y opiniones sobre la información climática/meteorológica que consultan y el uso que le dan.

Objetivos

Este trabajo tiene como objetivo mostrar los primeros resultados de los GF realizados con productores de distintas regiones de Argentina, considerando no

sólo la principal región productiva del país sino también las producciones regionales argentinas.

Materiales y Métodos

Como estrategia metodológica se realizaron GF con productores agropecuarios en distintas zonas del país considerando las diferencias agroecológicas, en los sistemas de producción modales y aprovechando las capacidades técnicas en las diferentes regionales del INTA en el interior. Se cubrieron las cadenas productivas más importantes del país, reconociendo su importancia en cuanto a la economía a nivel nacional y regional. Considerando la estructura de las cadenas agroalimentarias en el valor bruto de la producción y valor agregado, las principales cadenas agrícolas corresponden a: soja, maíz, trigo, seguidas de las cadenas regionales: arroz, maní y limón (Lódola, et al. (2019)). Teniendo presente estas cadenas es que se contactó a personal técnico de la institución en

distintas regionales para poder plantear la propuesta de realización de dichos GF. En general, se tuvo una muy buena recepción pero cabe destacar que algunas producciones no pudieron ser consideradas hasta el momento por varios motivos, entre los que pueden destacarse la dificultad para convocar a los productores/asesores por encontrarse muchos de ellos en actividades claves en la época del año para la producción.

Durante octubre y diciembre del 2021 y marzo y junio de 2022 se realizaron 17 GF conformados por productores, asesores y técnicos de distintas producciones regionales de Tucumán, Chaco, Corrientes, Santa Fe, Entre Ríos, Buenos Aires, Mendoza, La Pampa y Río Negro (Fig. 1).

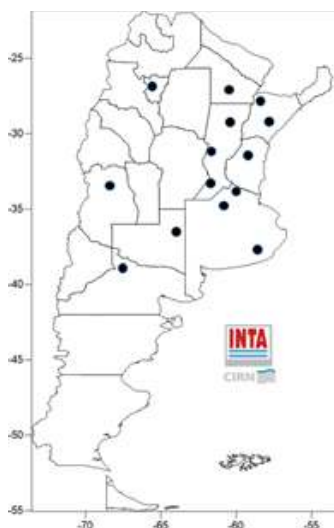


Figura 1: Ubicación geográfica de los GF realizados entre 2021 y 2022.

A continuación se mostrará una descripción de los participantes de los GF y posteriormente se detallarán algunos de los resultados obtenidos del análisis realizados sobre las grabaciones de las

reuniones considerando las transcripciones de las mismas y su análisis mediante un proceso de codificación abierto utilizando el software Atlas-ti.

Descripción de los GF

Los GF resultaron en reuniones de un número reducido de personas, entre 4 y 8, tal cual lo recomienda dicha metodología (Tabla 1). Solo en el caso de la producción de Caña de Azúcar se presentó un solo participante debido a que los demás convocados tuvieron que ocuparse de cuestiones

relacionadas a la etapa de producción que requería su total atención. En cuanto al nivel educativo la gran mayoría de los participantes alcanzaron a tener grado universitario y en general, los participantes cumplían las funciones de asesor y/o productor.

PROVINCIA/ REGIÓN	PRODUCCIÓN	CANTIDAD DE PARTICIPANTES	ACTIVIDAD	NIVEL EDUCATIVO PARTICIPANTES
CORRIENTES	GANADERÍA	6	ganadero agrícola- ganadero	grado universitario
	ARROZ	5	agrícola	grado universitario
CHACO	ALGODÓN	8		
TUCUMÁN	CITRUS	4		
	CAÑA DE AZÚCAR	1		
SANTA FE	GANADERO LECHERO	6	agrícola- ganadero tambo agrícola	1 secundario incompleto grado universitario
	AGRÍCOLA	3	agrícola agrícola ganadero	grado universitario
	APÍCOLA	4	apícola agrícola- ganadero	secundario grado universitario técnico
	ARROZ	5		
	FLORÍCOLA	4		
ENTRE RÍOS	AGRÍCOLA	6	agrícola	grado universitario asesor
MENDOZA	VID	3	agrícola frutícola vitícola	posgrado
LA PAMPA	AGRÍCOLA	4	agrícola- ganadero ganadero	técnico secundario
BUENOS AIRES NORTE	AGRÍCOLA	6	agrícola- ganadero	

Tabla 1: Características de los GF realizados entre 2021-2022.

PROVINCIA/ REGIÓN	PRODUCCIÓN	CANTIDAD DE PARTICIPANTES	ACTIVIDAD	NIVEL EDUCATIVO PARTICIPANTES
BUENOS AIRES SUR	AGRÍCOLA	8	agrícola agrícola- ganadero	grado universitario posgrado primario
RÍO NEGRO	FRUTA DE PEPITA CAROZO	8	agrícola frutícola	grado universitario técnico productor

Resultados

Los primeros resultados del análisis de las desgracias de los GF se encuentran relacionados con dos grandes aspectos: Accesibilidad a la información climática: fuentes y formato; e Impacto en los procesos de toma de decisiones.

Accesibilidad a la información climática: fuentes y formato

En todos los GF se manifestó la valoración de la información meteorológica y climática sobre las actividades productivas. Los participantes consultan distintas fuentes de información meteorológica en particular relacionadas con pronósticos a corto plazo, donde la mayoría indicaron que ellos mismos realizan una comparación entre las distintas fuentes. El tipo de información consultada depende de la etapa que transitan los cultivos durante su ciclo. Los productores hicieron referencia a la temperatura del suelo para la siembra de maíz y arroz y heladas para floricultura. Los ganaderos declaran mayor interés por la información de corto plazo en la medida que siembran pasturas para los animales pero por la naturaleza de su actividad no está tan manifiesto el rol preponderante de la información de corto frente a la de largo plazo como se ha enunciado en otros trabajos, las fuentes más consultadas son: Boosteragro; Windgurú, YR, Meteored, Freemeteo, Acuweather y el Servicio Meteorológico Nacional.

También se destaca la información divulgada por Canal Agro y Agrositio y en las redes sociales.

En cuanto al medio de acceso muchos reconocie-

ron acceder a partir de aplicaciones para celulares, reconociendo que las mismas resultan más accesibles, cómodas y esto facilita una alta frecuencia de consulta. En cuanto a la consulta de pronósticos a corto y largo plazo, hay dos aspectos a tener en cuenta: por un lado, es la confiabilidad de los pronósticos a corto plazo y por el otro, la dificultad para el acceso, procesamiento e interpretación de los pronósticos climáticos o a largo plazo.

Impacto en los procesos de toma de decisiones

La información climática es considerada como un insumo primordial dentro de un conjunto mayor de variables (económicas, políticas) que inciden en la toma de decisiones agropecuarias.

En cuanto a los pronósticos de corto plazo tienen un rol central en la direccionalidad que se le da a las prácticas diarias de cada sistema productivo. Los participantes indicaron utilizarlos para la toma de decisiones inmediatas y de carácter técnico o resolutivo, por ejemplo: cuando fumigar, qué hacer con los animales que están en un lote ante pronóstico de lluvias, etc.

En relación a los pronósticos climáticos, los productores de la región núcleo indicaron consultarlos para la planificación anual: rotación de cultivo, fecha de siembra, manejo de cultivo, etc. Por su parte, los productores de las regiones extrapampeanas no hicieron referencia a utilizar dichos pronósticos, haciendo más hincapié en el uso de los pronósticos a corto plazo, por ejemplo en la producción de la vid.

Consideraciones Finales

La información y los pronósticos climáticos son reconocidos como un requisito fundamental dentro de un conjunto mayor de variables que inciden en la toma de decisiones. Se los valora por su incidencia en las prácticas, diarias, a corto, mediano y largo plazo. Es primordial a la hora de decidir estrategias productivas en relación a aspectos como costos de producción; la calidad de la producción; la rentabilidad; la disminución de

riesgos; etc. Se reconoce su valor central y también la alta dependencia que existe en la medida que “el clima” es un factor inmanejable pero a la vez determinante de cualquier dinámica agropecuaria. El uso de información climática tiene la posibilidad de reducir la brecha de incertidumbre y tomar decisiones adecuadas para la obtención de mejores resultados y disminución de riesgos.

Agradecimientos

Queremos dar nuestro mayor agradecimiento a los que han llevado a cabo los GF cumpliendo un rol fundamental como moderadores así como también en la organización de las reuniones.

PROVINCIA	RESPONSABLES
CORRIENTES	Susana Escalante, Juan Ramón Fernández, Mariana Cádiz, Carolina Fernández
CHACO	María Eugenia Quirolo
TUCUMÁN	María Eugenia Zeman, Beatriz Carrizo
SANTA FE	Ignacio Huergas, Magali Soria, Laura Gastaldi, María José Dickie, Gabriel Lacelli
ENTRE RÍOS	Sergio Ramos
MENDOZA	Daniela Mathey
LA PAMPA	Andrea Lagomarcino, María Laura Belmonte
BUENOS AIRES	Francisco Fillat, M. Rosario Iturralde Elortegui, Mauro Coria, Priscila Cano
RÍO NEGRO	Andrea Rodriguez, Ayelen Montenegro

Referencias Bibliográficas

García, M.L, Cristeche, E., Cabrini, S., Pace, I., Jaldo, M., Elustondo, L., Gattinoni, N. y Mercuri, P.: Relevamiento del uso de información climática para la toma de decisiones en productores agropecuarios de la región pampeana, II Seminario de Riesgo Agropecuario, 16 y 17 de Septiembre de 2021, modalidad virtual.

Hernandez, V., Moron, V., Riglos, M. F. F., & Muzi, E. (2015). Confronting farmers' perceptions of climatic vulnerability with observed relationships between yields and climate variability in Central Argentina. *Weather, Climate, and Society*, 7(1), 39–59. <https://doi.org/10.1175/WCAS-D-13-00062.1>

Letson, D., Llovet, I., Podestá, G., Royce, F., Brescia, V., Lema, D., & Parellada, G. (2001). User perspectives of climate forecasts: crop producers in Pergamino, Argentina, May 2014. [hMps://doi.org/10.3354/cr019057](https://doi.org/10.3354/cr019057)

Lódola, A., Morra, F. y Picon, N., Cadenas de valor agroalimentarias: Evolución en el nuevo contexto macroeconómico 2016/2019. Laboratorio de Desarrollo Sectorial y Territorial (LaDeSeT), Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de La Plata. Julio 2019.

Mase, A. S., & Prokopy, L. S. (2014). Unrealized Potential: A Review of Perceptions and Use of Weather and Climate Information in Agricultural Decision Making. *Weather, Climate, and Society*, 6(1), 47–61. <https://doi.org/10.1175/WCAS-D-12-00062.1>

CIENCIA APLICADA RELACIONANDO DISPONIBILIDAD HÍDRICA Y FENÓMENO ENOS CON PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

SILVIA RAFAELLI¹ ; MARÍA ROSANA MAZZÓN¹ ; MARÍA JOSÉ MÜLLER¹ Y LORENA FERREIRA²

¹ INSTITUTO NACIONAL DEL AGUA (INA)

² SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL (SMN)

INA: Patricio Cullen 6161. Santa Fe. Argentina

srafaelli@ina.gob.ar rmazzon@ina.gob.ar majo_muller@hotmail.com ferreira@smn.gob.ar

Resumen

El objetivo del trabajo es analizar información histórica relacionando disponibilidad hídrica y fenómeno ENOS (El Niño - La Niña) con rendimiento del cultivo, para luego generar un espacio de visualización de información como herramienta de apoyo a la toma de decisiones para sectores productivos.

El análisis se realizó con datos de la provincia de Santa Fe. Se utilizaron dos indicadores de disponibilidad hídrica en 6 estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), distribuidas en toda la provincia. Se relacionó la disponibilidad hídrica con rendimiento de la soja de primera para 19 campañas (2000/01 -2018/19). Se identificaron relaciones de disponibilidad hídrica y producción-rendimiento, asociados al fenómeno ENOS así como situaciones/años atípicos que permitieron inferir la influencia de otros factores que impactan en la producción agrícola.

El trabajo desarrolla además un espacio de consulta que integra información de interés asociados a disponibilidad hídrica y pronósticos hidroclimáticos generados por distintos organismos nacionales. Los contenidos de este espacio están siendo enriquecidos con aportes de productores, obtenidos a través de una encuesta virtual. En diciembre de 2022 concluye el proyecto y los resultados estarán disponibles en un sitio web institucional.

Palabras Claves: Clima y Producción. Fenómeno Niño-Niña. Pronósticos hidroclimáticos

Abstract

The objective of the research is to analyze historical information relating water availability and the ENSO phenomenon (El Niño - La Niña) related to crop yield and to create a virtual site for displaying information as a decision support tool for productive sectors.

The analysis was carried out with data from Santa Fe province. Two water availability indicators were used in 6 meteorological observing stations of the National Meteorological Service (SMN). Water availability was related to soybean yield for 19 harvests (2000/01-2018/19). Water availability and production-yield relationships associated with the ONI phenomenon were identified. Atypical situations/years were also identified, showing the influence of other factors that impact agricultural production.

The research develops a virtual consultation site that integrates information of interest associated with water availability and hydroclimatic forecasts generated by different national organizations. The contents of this site are being enriched with contributions from farmers, obtained through a survey. In December 2022 the project will conclude and the results will be available on an institutional website. Keywords: Climate and Production. Boy-Girl Phenomenon. Hydroclimatic forecasts

Introducción

El desarrollo científico al servicio de usuarios es un desafío que enmarca las actividades de I+D aplicada, orientadas a brindar mejores herramientas de apoyo a la toma de decisiones para sectores productivos.

En este sentido, y en el marco de la producción agropecuaria como eslabón clave de la seguridad alimentaria, se considera la oportunidad de desarrollar un espacio de visualización que integre

información sobre pronósticos hidrológicos, humedad de suelo, perspectiva climática y pronósticos agroclimáticos, entre otros.

Como investigación de base se realiza un análisis de la información histórica relacionando disponibilidad hídrica y fenómeno ENOS (El Niño - La Niña) con rendimiento del cultivo de soja en la Provincia de Santa Fe, brindando referencia sobre el comportamiento del sistema natural y productivo.

Desarrollo y resultados de la investigación

Se utilizaron dos indicadores de disponibilidad hídrica: "Precipitación menos Evapotranspiración potencial (P-ETP)" y "Agua Útil (AU)", en 6 estaciones meteorológicas del SMN, distribuidas en toda la provincia (Ceres, Reconquista, El Trébol, Sauce Viejo, Rosario y Venado Tuerto). Se relacionó la disponibilidad hídrica con el rendimiento de la soja de primera para 19 campañas (2000/01 – 2018/19). Se identificaron relaciones de disponibilidad hídrica (AU) y producción-rendimiento, asociados al fenómeno de macroescala ENOS.

Los datos de disponibilidad hídrica son del Balance Hídrico Operativo (Fernández Long y otros, 2012) que se publican en forma diaria en la web del SMN y los rendimientos de cultivos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de Nación. Para identificar eventos cálidos (El Niño) y eventos fríos (La Niña) en el océano Pacífico tropical, se analizó el Índice Oceánico de El Niño (ENOS) que utiliza la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA).

Las relaciones de disponibilidad hídrica y rendimiento asociados al fenómeno ENOS identificadas son:

■ Para campañas en períodos Niño se verifica disponibilidad de agua útil por encima del promedio y viceversas para campañas en períodos Niña

■ Para campañas en períodos Niño se verifican rendimientos por encima de la media y viceversas para campañas en períodos Niña en particular en las zonas norte y este de la Provincia.

Los resultados se visualizan en la Figura 1.

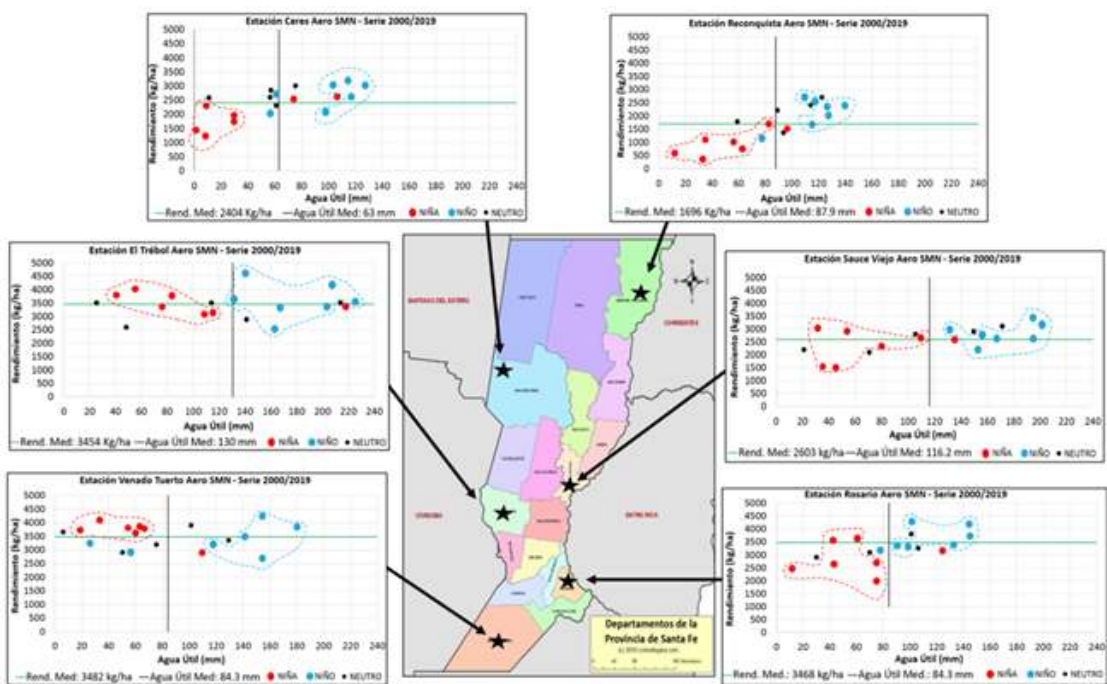
Si bien estas relaciones se cumplen de manera significativa, se han identificado situaciones/años atípicos donde se infiere la influencia de otros factores.

En particular se destaca que en años atípicos donde no se cumple el patrón de Disponibilidad Hídrica (AU) y ENOS (o sea Niña con AU por encima de la media o Niño con AU por debajo de la media), podría considerarse la necesidad de sumar al análisis del fenómeno ENOS otras forzantes meteorológicas como podrían ser singularidades de los eventos de escala subestacional como se ha encontrado en otras situaciones (Marcora y otros 2018). En situaciones atípicas donde no se cumple el patrón de Rendimientos y ENOS (Niña con rendimientos por encima de la media o Niño con rendimientos por debajo de la media), la relación podría depender de otras variables tales como la oportunidad de disponibilidad hídrica en los momentos críticos para el cultivo, tipo de suelo con mayor o menor capacidad de retención y/o nivel del nivel freático, entre otras.

Se verifica de este modo que la caracterización del fenómeno ENOS y la conexión con sus impactos en agricultura incluye un alto grado de incertidumbre dado el número de variables propias de cada evento hidrometeorológico que a su vez, interactúan con otras variables dinámicas del desarrollo de los cultivos (fase fenológica) y tipo de suelo, entre otros.

Figura 1: Rendimientos (ordenada) versus Agua Útil (abscisa)

Campañas de soja de primera en períodos: NIÑO ● NIÑA ● NEUTRA ●



Encuestas con vistas a visualización de información y resultados

Se definió una encuesta en formato virtual dirigida a productores y asesores para recopilar opinión e información de usuarios, con vistas a generar un espacio de consulta sobre información de interés asociados a disponibilidad hídrica y pronósticos hidroclimáticos, para enriquecer aquellas que fueron identificadas durante el desarrollo del mencionado estudio realizado en Santa Fe.

La consulta incluyó sitios de referencia sobre pronósticos meteorológicos y perspectiva climática, humedad de suelo, pronósticos agroclimáticos, pronósticos hidrológicos, alturas de ríos, entre otros. También se relevó la preferencia de sitios de consulta por parte de los usuarios. La encuesta fue

acompañada de un folleto de difusión de resultados del proyecto sobre la relación de disponibilidad hídrica y rendimientos, asociados al fenómeno ENOS.

Durante los meses de julio y agosto 2022 se recogieron los resultados de la encuesta que permitieron diseñar los contenidos del sitio de apoyo a la toma de decisiones de los productores. Esta información será puesta a disposición en forma virtual antes de diciembre 2022 y formará parte de un espacio de visualización de productos generados por distintos organismos nacionales sobre situación actual y pronósticos de interés para el sector agropecuario.

Conclusiones

El trabajo realizado ha permitido verificar relaciones entre disponibilidad hídrica y rendimiento asociados al fenómeno ENOS para el período 2000-01 al 2018-19 que incluyen 19 años de información disponible en la provincia de Santa Fe. Se han identificado también situaciones/años atípicos donde se infiere la influencia de otros factores, quedando abierta futuras líneas de investigación para seguir sumando el análisis de otras variables y así poder brindar mayores certezas al tema de referencia.

Los avances científicos obtenidos en este proyecto incluyen el desafío de compartir los productos con

usuarios a través de un sitio virtual con información de interés y como apoyo a la toma de decisiones del sector. En este sentido se desarrolla un espacio de consulta que integra información asociados a disponibilidad hídrica y pronósticos hidroclimáticos generados por distintos organismos nacionales. Los contenidos de este espacio están siendo enriquecidos con aportes de productores, obtenidos a través de una encuesta virtual difundida con el apoyo de organismos de gobierno y otras instituciones. En diciembre 2022 concluye el proyecto y los resultados estarán disponibles en un sitio web institucional.

Sobre este trabajo

El presente trabajo se realiza en el marco del Proyecto IO-2019- 284 con financiamiento de la Agencia Santafesina de Ciencia, Tecnología e Innovación (ASACTEI) y concluye en diciembre 2022. Cuenta con el apoyo del Ministerio de Minis-

terio de la Producción, Ciencia y Tecnología de Santa Fe y del Servicio Meteorológico Nacional, así como la colaboración del INTA (Reconquista, Rafaela y Oliveros) y de la Oficina de Riesgo Agropecuario (ORA) del MAGyP.

Referencias bibliográficas

María Elena Fernández-Long; Liliana Spescha; Irene Barnatán y Guillermo Murphy, 2012: Modelo de balance hidrológico operativo para el agro (BHOA) Revista Facultad de Agronomía de la UBA, 32(1-2): 31-47, 2012

Marcora M. G. Godoy A., Ferreira L. Variabilidad de

la temperatura, precipitación e índices de monitoreo intraestacional, y su relación con el desarrollo del trigo durante la campaña 2017-2018 para la región centro-este de Argentina. 18-21 de septiembre 2018. XVII Reunión Argentina de Agrometeorología. Merlo San Luis. Argentina.



EL IMPACTO EN LA PRODUCCIÓN DEL TRIGO DEL EFECTO CLIMÁTICO LA NIÑA EN LAS ZONAS: NORTE Y SUDESTE DE LA PROVINCIA DE BS. AS.

MARÍA DEL ROSARIO RODRÍGUEZ ¹

mdelrrodriguez@yahoo.com.ar

Resumen

En los últimos años el cambio climático puede intensificar tanto las condiciones climáticas medias, dentro de las que históricamente los productores agrícolas han desarrollado su actividad, como la magnitud de las variaciones y la frecuencia con que se manifiesta tanto los periodos de sequía y los de inundaciones. Los impactos económicos y sociales causados por las anomalías climáticas, en forma directa como indirecta, abarcan una amplia gama de sectores como: la industria alimenticia, los servicios, y el sector financiero. Por lo tanto, este problema requiere atención dado que sus efectos

se propagan en la vida activa de toda la sociedad a través de sus ecosistemas.

En el presente trabajo se estudian los efectos del fenómeno climático El Niño - Oscilación del Sur en lo que respecta a su fase cálida llamada Niña, ocasionando periodos de sequía, sobre los rendimientos del cultivo de trigo en la provincia de Buenos Aires, zona triguera por excelencia, en las dos subregiones en que está dividida la misma.

Palabras clave: trigo, rindes, sequía, campañas, período crítico, anomalías climáticas.

Abstract

In recent years, climate change may intensify both the average climatic conditions within which agricultural producers have historically operated and the magnitude of variations and frequency of both droughts and floods. The economic and social impacts caused by climatic anomalies, both directly and indirectly, cover a wide range of sectors such as the food industry, services, and the financial sector. Therefore, this problem requires attention as its effects spill over into the active life of the whole

society through its ecosystems.

This paper studies the effects of the El Niño-Southern Oscillation climate phenomenon on wheat yields in the province of Buenos Aires, a wheat-growing area par excellence, in the two sub-regions into which the province is divided.

Keywords: wheat, yields, drought, crop years, critical period, climatic anomalies.

¹ Este trabajo es un resumen de la tesis presentada en la Maestría de Gestión Económica y Financiera de Riesgos dictada en la Escuela de Posgrado de la Facultad de Ciencias Económicas – Universidad de Buenos Aires.

Introducción

El International Research Institute for climate and Society (IRI por sus siglas en inglés), ha publicado el día 18 de septiembre del año 2020, una actualización del pronóstico, para la temperatura del Pacífico Ecuatorial Centro, según el cual, el efecto La Niña que históricamente ha influido en las precipitaciones en todas las partes del mundo, sería un evento climático ya instalado con intensidad que pasaría de ser, de débil a moderado. El instituto estima también que no se prolongaría más allá del trimestre febrero-marzo-abril del año 2020 con lo cual, según el IRI, la probabilidad de La Niña decaería notablemente.

En las últimas décadas las ciencias económicas y naturales revelan, en distintos estudios, la preocupación por el medio ambiente y el cambio climático, en cómo las temperaturas, las precipitaciones y demás eventos meteorológicos influyen en los resultados económicos y financieros.

Se hace necesario asumir la amplitud de canales

que unen el clima y la economía para la comprensión de lo histórico, lo contemporáneo y las futuras consecuencias económicas y sociales dentro del ecosistema o unidad espacial específica, para poder realizar un enfoque de vulnerabilidades tanto distrital como provincial ya que, por ejemplo, la agricultura no se da en el vacío o en un escenario aislado de la unidad ecosistémica. Según Lino Briguglio (2016), la vulnerabilidad económica se asocia con la exposición inherente a choques externos y la resiliencia económica con políticas que permitan a un país minimizar o soportar los efectos negativos de tales choques.

En función de lo expresado en los párrafos anteriores el objetivo de este trabajo, es determinar el impacto de los eventos climático extremos asociados a La niña en forma de variaciones de los rendimientos del trigo cultivado en la subregión norte y sudeste de la Provincia de Buenos Aires.

AREA DE ESTUDIO

La provincia de Buenos Aires, según el complejo triguero argentino, está constituida por dos subregiones a saber, la subregión IIS con localización en el norte de la provincia de Buenos Aires y está compuesta por los departamentos de: Chivilcoy, Bragado, 9 de Julio, Alberti, Rojas, General Pinto, Florentino Ameghino, General Villegas, Leandro N Alen, Lincoln, 25 de Mayo y Bolívar, y la subregión IV localizada en el sudeste de la provincia de Buenos Aires y está compuesta por los departa-

mentos de: Balcarce, Necochea. Liberia, General Alvarado, General Madariaga, General Pueyrredón, Rauch, General Lamadrid, Adolfo Gonzales Chávez, San Cayetano, Tandil y Tres Arroyos.

Es menester decir que ambas subregiones son zonas de secano, es decir, son territorios que dependen de las precipitaciones para el desarrollo de las actividades agropecuarias.

Materiales y Métodos

Los datos empleados para la elaboración de los modelos corresponden a series de rendimientos agrícolas (kg/ha) departamentales correspondiente a 51 años, desde 1969/70 hasta 2019/20, obtenidos a partir del sistema de información del Ministerio

de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. Con estos datos se estimó una regresión lineal para cada una de las subregiones estudiadas, siguiendo la metodología de Thomasz, et al 2018.

APLICACIÓN DEL MODELO A LA SUBREGIÓN IIS

$$\hat{Y} = 1363,6 + 55,275\text{Camp} \quad R^2 = 0,801 \quad p\text{-valor} < 0,05$$

El coeficiente de la pendiente de 1969 a 2019, plantea que año tras año la tecnología y las herramientas de manejo de los suelos contribuyen en promedio 55,275 al rendimiento del sistema trigo para la subregión IIS en su conjunto. Los datos

obtenidos no son consistentes con la hipótesis nula de $\beta_1 = 0$ por lo que se concluyó que la pendiente es significativamente diferente de 0.

APLICACIÓN DEL MODELO A LA SUBREGIÓN IV

$$\hat{Y} = 1359,4 + 54,409\text{Camp} \quad R^2 = 0,7577 \quad p\text{-valor} < 0,05$$

El coeficiente de la pendiente, propensión marginal tecnológica, año tras año la tecnología y las herramientas de manejo de suelos aportan en promedio 54,409 al rendimiento del sistema trigo para la subregión IV en su conjunto. Los datos obtenidos no son consistentes con la hipótesis nula de $\beta_1 = 0$ por lo que se concluye que la pendiente es significativamente diferente de 0.

Paso seguido, se calcularon las diferencias entre, el rendimiento estimado por la regresión calculada con los datos de rendimiento de trigo observados durante el periodo utilizado (\hat{Y}) con los valores empíricos observados, constituyendo de este modo el conjunto de diferencias a estudiar.

Como ejemplo se presenta el siguiente gráfico:

Gráfico 1. Diferencias entre los valores de rendimientos estimados y los observados (kg/ha) -Subregión IIS



Fuente: Elaboración propia.

Como última etapa en cuanto al tratamiento que se le dio a los datos se estableció como valores umbrales \pm una desviación estándar (en este caso menos una desviación estándar).

Por ejemplo para la subregión IIS se muestran las

diferencias entre los rendimientos estimados y observados siendo las campañas que están resaltadas en verde en la tabla 1, analizadas de acuerdo al proceso relatado en los párrafos siguientes.

Tabla 1: Diferencias con respecto a una desviación estándar ($\sigma=4607,19$)

Obsección	CAMPAÑA	Diferencias	Diferencia + σ	Años con rindes negativos
1	1969/70	3475,5	8082,79	
2	1970/71	1306,2	5913,49	
3	1971/72	-1155,1	3452,19	
4	1972/73	4447,6	9054,89	
5	1973/74	960,3	5567,59	
6	1974/75	2308	6915,29	
7	1975/76	397,7	5004,99	
8	1976/77	1099,4	5706,69	
9	1977/78	-4132,9	474,39	
10	1978/79	2191,8	6799,09	
11	1979/80	1179,5	5786,79	
12	1980/81	2809,2	7416,49	
13	1981/82	-678,1	3929,19	
14	1982/83	3650,6	8257,89	
15	1983/84	-2282,7	2324,59	
16	1984/85	3585	8192,29	
17	1985/86	-9666,3	-5059,01	-5059,01
18	1986/87	-3982,6	624,69	
19	1987/88	-5770,9	-1163,61	-1163,61
20	1988/89	-2725,2	1882,09	
21	1989/90	-3437,5	1169,79	
22	1990/91	1045,2	5652,49	
23	1991/92	-21,1	4586,19	
24	1992/93	1571,6	6178,89	
25	1993/94	-4285,7	321,59	
26	1994/95	1845,75	6453,04	
27	1995/96	-1809,28	2798,01	
28	1996/97	2674,7	7281,99	
29	1997/98	-725,32	3881,96	
30	1998/99	3218,65	7825,94	
31	1999/00	2310,63	6917,91	
32	2000/01	-3319,4	1287,89	
33	2001/02	-11317,43	-6710,14	-6710,14
34	2002/03	-10572,45	-5965,16	-5965,16
35	2003/04	619,525	5226,81	
36	2004/05	5511,5	10118,79	
37	2005/06	6603,48	11210,76	
38	2006/07	7795,45	12402,74	
39	2007/08	1487,43	6094,71	
40	2008/09	-5120,6	-513,31	-513,31
41	2009/10	-5726,63	-1119,34	-1119,34
42	2010/11	13060,35	17667,64	
43	2011/12	7055,33	11662,61	
44	2012/13	-7652,7	-3045,41	-3045,41
45	2013/14	339,28	4946,56	
46	2014/15	-267,75	4339,54	
47	2015/16	24,225	4631,51	
48	2016/17	2215,2	6822,49	
49	2017/18	2257,18	6864,46	
50	2018/19	-900,85	3706,44	
51	2019/20	-2199,88	2407,41	

FUENTE: Elaboración propia.

Definido un valor atípico como una observación empírica que parece ser inconsistente con el resto del conjunto de datos, será dicho valor real negativo considerado un evento de carácter extraordinario o shocks exógenos que se convertirá en objetivo de análisis del presente trabajo.

Desde el valor cero hasta, menos una desviación estándar designada como valor umbral negativo, se estimó que podría considerarse como rango de, por ejemplo, una incorrecta elección de la variedad de semilla, escasa densidad de siembra en los lotes, o el productor optó por hacer una fertilización nitrogenada lo que implica apostar a un mayor valor proteico del grano, no se atribuye dentro de este rango, valores de menores rendimientos, al efecto causado por anomalías climáticas.

Definido un valor atípico, como una observación empírica por situarse fuera del rango negativo,

siendo aún más negativo que el valor de la desviación estándar, como los resaltados en verde en la tabla 1, será dicho valor negativo, considerado un evento de carácter extraordinario o shocks exógenos y se estableció como punto de análisis.

Hallados los años-campañas considerados puntos críticos con la metodología explicada en el párrafo anterior, se analizó cada uno de ellos bajo tres líneas de investigación: la primera abarca una descripción histórica de la zona en el año en cuestión, una segunda línea que indica la fase climatológica a través de los índices Oceanic Niño Index (ONI) y por último con la descripción climática dadas por los índices de Palmer, Palmer Drought Severity Index (PDSI). El objetivo es determinar si la campaña fue impactada por el efecto meteorológico La Niña.

Resultados

Como culminación del procesamiento de la información se puede afirmar que, para la subregión IIS se rechaza la hipótesis planteada, acerca de que el efecto meteorológico La Niña producirían disminución en los rindes triguero, ya que la disminución en los rindes agrícolas se producen en la fase cálida del efecto El Niño Oscilación del Sur, conocida como El Niño por consiguiente para la subregión la señal El Niño - Oscilación del Sur, no es un buen estimador para prevenir los próximos

acontecimientos climáticos.

En referencia a la subregión IV no se rechaza la hipótesis por cuanto bajo año efecto climático Oscilación del Sur No Niño (fase fría Niña) se produjeron efectos negativos en los rindes agrícolas promedio por lo cual el productor debería tener en cuenta el El Oceanic Niño Index (ONI) para el proceso de toma de decisiones de la campaña del cultivo del cereal.

Referencias bibliográficas

Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA). Departamento de Comercio de los Estados Unidos. Recuperado en <https://www.noaa.gov>

Bolsa de Comercio de Rosario. Precios FOB/FAS Argentina Recuperado en <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/mercado-de-granos/cotizaciones/cotizaciones-locales-1>

Briguglio, L. (2016). Exposición a choques externos y resiliencia económica de países: evidencia de indicadores globales. *Revista de Estudios Económicos*.

Intergovernmental Panel on Climate Change. Retrieved from <https://www.ipcc.ch/>

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Recuperado en <https://www.sgp.gob.ar>

Servicio Meteorológico Nacional. Recuperado en <https://www.smn.gob.ar>

Thomasz, E., Casparri, M. (2015). Innovaciones Financieras para Adaptación al Riesgo Climático: el caso de las Coberturas basadas en Índices. Centro de Investigación en Métodos Cuantitativos Aplicados a la Economía y la Gestión (CMA).

Thomasz, E., Vilker, A , & G. Rondinone. 2017. The economic cost of extreme and severe droughts in soybean production in Argentina. Recuperado en <https://www.cya.unam.mx/index.php/cya>.

U. S. Department of Agriculture. Retrieved from <https://www.nal.usda.gov>





EL USO DE PRONÓSTICOS METEOROLÓGICOS Y CLIMÁTICOS EN LA AGRICULTURA DEL MEDIO OESTE DE ESTADOS UNIDOS

CABRINI, SILVINA MARIA ^{1,2} ; SCHNITKEY, GARY DONALD ³ IRWIN, SCOTT ³

¹INTA EEA Pergamino

²Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires

³Agricultural and Consumer Economics. University of Illinois

cabrini.silvina@inta.gob.ar

Resumen

En este estudio se investiga la percepción del riesgo climático por parte de los agricultores el medio oeste de los Estados Unidos, el acceso a los pronósticos del clima y la influencia de estos pronósticos en la toma de decisiones.

Se combinaron herramientas cualitativas y cuantitativas en el análisis. En primer lugar, se realizaron entrevistas con preguntas abiertas a 12 productores agropecuarios. Estas entrevistas se transcribieron y analizaron con un sistema de codificación abierto utilizando el software Atlas ti. Luego se realizó una encuesta on-line a través del listado de suscriptores a Farmdoc (<https://farmdoc.illinois.edu/>) en la que se obtuvieron 181 respuestas de productores.

Resultados preliminares indican que los productores identifican al clima como la principal fuente de riesgo para la actividad agropecuaria. La forma más frecuente en que se accede a la información climática son las aplicaciones en el celular, y la fuente consultada por mayor cantidad de productores es el NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). La mayoría de los productores, si bien hace un seguimiento de los pronósticos estacionales, estos tienen poca influencia en las decisiones de manejo. Los pronósticos estacionales afectan principalmente las estrategias de venta de los productos.

Palabras clave: servicios climáticos, producción agropecuaria, medio-oeste de Estados Unidos

Abstract

This study investigates farmers' perception of climate risk in the Midwestern United States, the access to climate forecasts, and the influence of these forecasts on decision making.

Qualitative and quantitative tools were combined in the analysis. First, interviews with open questions were conducted with 12 agricultural producers. These interviews were transcribed and analyzed with an open coding system using Atlas ti software. Then, an online survey was conducted through the list of subscribers to Farmdoc (<https://farmdoc.illinois.edu/>) in which 181 responses were obtained from farmers.

Preliminary results indicate that farmers identify the climate as the main source of risk for agricultural activity. The most frequent way in which climate information is accessed are cell phone applications, and the source consulted by the largest number of producers is NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). While most farmers monitor seasonal forecasts, these forecasts have little influence on farm management decisions. These forecasts mainly affect output marketing strategies.

Key words: Climate services, agricultural production, Midwestern USA

Introducción

Los eventos climáticos desfavorables se identifican como el principal riesgo en la agricultura extensiva (Komarek et al., 2020). El informe más reciente del IPCC [<https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>] confirma que “el cambio climático es generalizado, rápido y se está intensificando, con un aumento de eventos extremos como olas de calor, fuertes lluvias, sequías y ciclones tropicales”. En este contexto, el potencial del uso de pronósticos meteorológicos/climáticos para la reducción de riesgos agrícolas es de suma importancia.

Si bien se han realizado muchas investigaciones sobre los impactos de la variabilidad climática en la producción agrícola, hay pocos estudios sobre cómo los pronósticos meteorológicos/climáticos influyen en las decisiones de la empresa agropecuaria, ayudando a los productores a planificar de manera eficiente. Por otro lado, la innovación en servicios climáticos para la agricultura está ocurriendo a gran velocidad, por lo que es necesario actualizar los estudios sobre el uso de estos servicios en la agricultura.

El medio-oeste de EE. UU. Es una de las principales regiones agrícolas del mundo, con una participación clave en el mercado mundial (<https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde>). Los eventos climáticos extremos en esta región pueden tener impac-

tos importantes en el bienestar de la población mundial. Por lo tanto, el potencial del pronóstico estacional para la reducción del riesgo agrícola es de suma importancia (Adams et al., 1999; Solow et al., 1998). Una mejor comprensión de las percepciones de los agricultores sobre el valor de los pronósticos climáticos es un primer paso para evaluar las necesidades de acciones de divulgación concretas para mejorar la toma de decisiones bajo riesgo en la agricultura.

Los objetivos de este estudio son: Caracterizar las formas de acceso a la información sobre el clima en la producción agropecuaria en el medio oeste de los EE. UU, identificar las características de los productores y sus empresas asociadas con la predisposición a ajustar las decisiones de gestión de la finca en función de un pronóstico climático estacional. Identificar oportunidades para mejorar la provisión de servicios públicos climáticos basados en pronósticos meteorológicos y climáticos estacionales para la agricultura.

En este resumen se presentan resultados parciales.

Información climático y pronósticos climáticos

Dentro de la información sobre el clima que puede ser de valor para la agricultura pueden identificarse diferentes tipos: 1. Datos históricos, 2. historia reciente, 3. pronósticos inmediatos (6 horas), 4. pronósticos de corto plazo (5-7 días), 5. pronósticos de mediano plazo (15 días) y 6. pronósticos estacionales (PCE) o de largo plazo (3 semanas-meses).

Varios autores han estudiado cómo los productores agrícolpecuarios acceden a la información climática y en qué medida influyen en sus decisiones. Mase y Prokopy (2014) realizaron una revisión sobre las percepciones y el uso de información climática, pronósticos y herramientas de apoyo a la toma de decisiones en Australia, Estados Unidos y Canadá durante un período de 30 años. La mayoría de los estudios incluidos en esta revisión analizaron el uso de pronósticos basados en ENOS. En algunas regiones, los productores enfatizan los pronósticos a corto plazo, que se perciben como los más útiles en comparación con PCE. En otras regiones, con mayor importancia de la actividad ganadera, la mayoría de los productores utiliza los PCE para planificar actividades. Los pronósticos meteorológicos a corto plazo se perciben como precisos y confiables. En cambio los PCE se asocian con la falta de precisión y la dificultad para llevar la información a la escala local necesaria.

Varios estudios utilizan conceptos de las Ciencias del Comportamiento para explicar la heterogeneidad en el uso de la información climática en la agricultura (e.g., Lu et al., 2021). Se identifican en primer lugar a la actitud frente la información del clima, que depende de la probabilidad percibida de que la adaptación de la planificación agrícola a un pronóstico climático mejorará el resultado, y de la

valoración de la importancia del cambio en el resultado. El uso de pronóstico climáticos se relaciona también con las normas subjetivas, es decir con la percepción de cómo otros actores considerarían el uso de esta información. Por último, se asocia la utilización de la información climática con la percepción sobre la capacidad propia de interpretar y utilizar esta información en la planificación.

Se considera a su vez que la actitud, las normas subjetivas y la percepción sobre la capacidad de utilizar la información climática son influidas por distintas características de los tomadores de decisión y de las empresas que gestionan, como las percepciones de riesgo sobre la variabilidad climática y el cambio climático, la actitud frente al riesgo, la edad, la educación, el género, la experiencia, el tamaño de la finca, el sistema de producción y las interacciones sociales. Estudios anteriores han identificado las siguientes relaciones positivas y negativas entre estas características y el uso de los pronósticos climáticos en las decisiones: Preocupaciones sobre la variabilidad del clima (+), presión social (+), tamaño de la explotación (+), género (masculino +), nivel educativo (+), percepciones sobre la inexactitud del pronóstico (-), preocupaciones por otras fuentes de riesgo (-), inflexibilidad del sistema agrícola, rol de los asesores (+), edad (- y +).

Datos y métodos

En este estudio se combinaron herramientas cualitativas y cuantitativas en el análisis. En primer lugar, se realizaron entrevistas con preguntas abiertas a 12 productores agropecuarios entre marzo y abril de 2022. Trabajar con información cualitativa permitió una mejor comprensión de la toma de decisiones en la agricultura y las demandas de servicios climáticos. Los resultados de las entrevistas se utilizaron también para mejorar la redacción de las preguntas de la encuesta on-line que se realizó luego. Estas entrevistas se transcribieron y analizaron con un sistema de codificación abierto, y análisis temático (Hernández Sampieri et al., 2014), utilizando el software Atlas ti.

Luego se realizó una encuesta on-line a través del listado de suscriptores del programa Farmdoc de la Universidad de Illinois en Urbana – Champaign (<https://farmdoc.illinois.edu/>) en la que se obtuvieron 181 respuestas de productores.

El cuestionario de la encuesta on-line incluyó 5 secciones: 1. Características del sistemas de producción, escala y tenencia. 2. Principales fuente de riesgo. 3. Formas de acceso a la información climática. 4 Influencia de la información climática en las decisiones. y 5. Características sociodemográficas. En la entrevista no se consultó sobre fuentes de riesgo, y en cambio se incluye una pregunta abiertas sobre la demanda de herramientas de apoyo para la toma de decisiones.

En este informe se presentan resultados parciales del análisis cualitativo y cuantitativo, incluyendo estadísticas descriptivas y algunas citas de los productores entrevistados para que el lector pueda conocer sus opiniones y percepciones.

Resultados preliminares

Los 12 productores entrevistados manejan superficies entre 80 y 6.070 ha, con una mediana de 790 ha. Los productores que respondieron la encuesta on-line manejan superficies algo menores, 8 a 3850 ha con una mediana de 324 ha. El promedio ponderado por superficie de porcentaje de la tierra que se maneja bajo alquiler es 44 y 42% en las entrevistas y encuestas on-line, respectivamente. La mayoría de los productores que participaron en este estudio tienen sus campos en el estado de Illinois. Algunos manejan tierra en otros estados dentro del cinturón maicero de los Estados Unidos.

Los cultivos de maíz y soja son los que predominan en los campos de los productores. En la mayoría de los casos en una rotación 50%-50%. El tercer cultivo que aparece es el trigo. El 17% de los productores tiene ganadería, pero en la mayoría de estas empresas esta actividad es menor en relación a la agricultura. La tabla 1 y la figura 1 resumen las variables sociodemográficas de los productores encuestados (Los productores que participaron en el la entrevista presentan características sociodemográficas muy similares a los que participaron en la encuesta on-line).

Tabla 1. Variables sociodemográficas de los productores encuestados.

		Mediana/porcentaje
Edad	años	60
Años de experiencia en la actividad	años	40
Producción agropecuaria como principal fuente de ingreso		50%

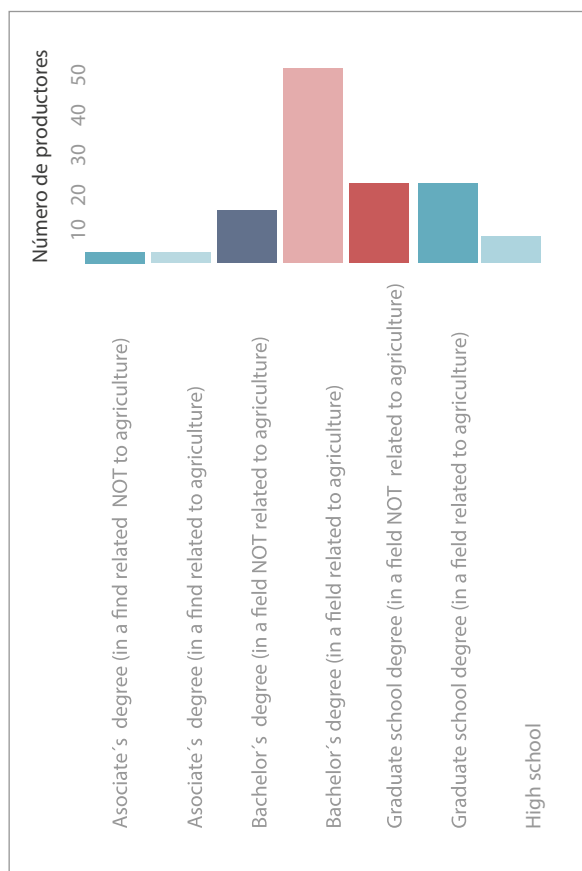


Figura 1. Frecuencias de productores encuestados según nivel de educación.

La figura 2 muestra la frecuencia con que se mencionaron distintas fuentes de riesgo como las más importantes. La pregunta sobre fuentes de riesgo fue abierta y las respuestas se clasificaron en

las categorías que aparecen en la figura. El clima fue la fuente del riesgo más elegida, seguida por los precios de productos e insumos y las intervenciones del gobierno en cuarto lugar.

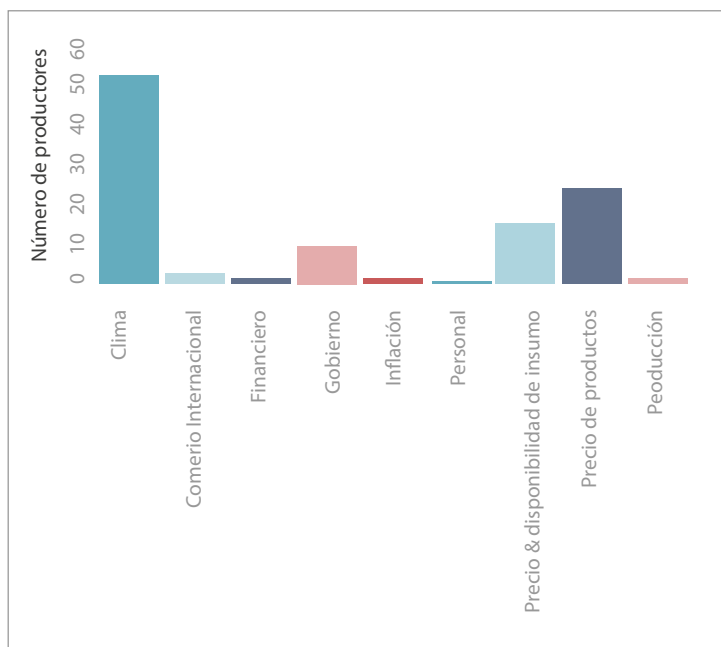


Figura 2. Principales fuente de riesgo identificadas por los productores.

Con respecto a la frecuencia de consulta de pronósticos climáticos, el 63% de los productores los consulta varias veces al día, el 34% una vez al día, y el restante 3% una vez a la semana. Los productores acceden a la información principalmente a través de aplicaciones del celular, también consultan esta

información en internet, TV, email y radio. Las Tabla 3 indica las principales fuentes de información climática consultadas por los productores. En primer lugar aparece el servicio público del National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

Tabla 2. Principales fuentes de información climática para los productores del cinturón maicero de EEUU

Fuente de información climática	Porcentaje de productores que la utilizan
1. NOAA	24%
2. Weather Underground	21%
3. Local news/ radio TV	17%
4. AccuWeather	16%
5. Weather Channel	16%
6. Eric Snodgrass, Nutrien	13%

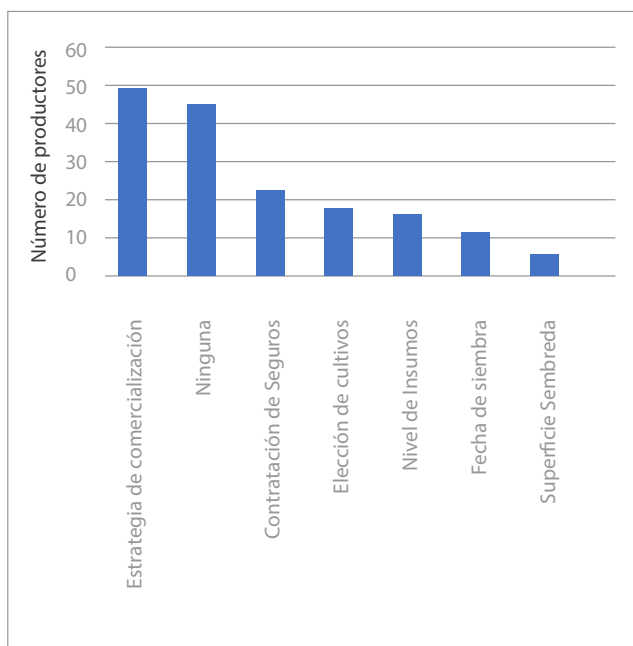


Figura 3. Decisiones influenciadas por el pronóstico climático estacional del ENSO

Con respecto a la influencia de los PCE asociados al ENSO, la mayoría de los productores indica que hace un seguimiento de este fenómeno, pero que no modifican las decisiones de asignación de la tierra o de manejo de cultivos, en base en estos

pronósticos. Estos pronósticos afectan principalmente las estrategias de venta de los productos (Figura 3). Las siguientes citas de productores muestran opiniones de productores con respecto a los PCE:

“... esas tendencias, son mucho más importantes para Sudamérica que en el corazón del Cornbelt... en realidad no afectan mucho nuestras decisiones”.

“Les presto atención, pero no sé cuánto los usos.... Especialmente los utilizo para la venta de las cosechas, en las decisiones de venta de futuros, para cubrir mi cosecha... tal vez si habrá una sequía grave o algo así, es posible que no venda la cosecha. el precio debería ser más alto, es posible que no venda tanto.”

Referencias bibliográficas

- Adams, R. M., Chen, C. C., McCarl, B. A., & Weiher, R. F. (1999). The economic consequences of ENSO events for agriculture. *Climate Research*, 13(3), 165–172. <https://doi.org/10.3354/cr013165>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Bautista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mc Graw Hill Education.
- Komarek, A. M., De Pinto, A., & Smith, V. H. (2020). A review of types of risks in agriculture: What we know and what we need to know. *Agricultural Systems*, 178, 102738. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102738>
- Lu, J., Singh, A. S., Koundinya, V., Ranjan, P., Haigh, T., Getson, J. M., ... Prokopy, L. S. (2021). Explaining the use of online agricultural decision support tools with weather or climate information in the Midwestern United States. *Journal of Environmental Management*, 279(October 2020), 111758. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111758>
- Mase, A. S., & Prokopy, L. S. (2014). Unrealized Potential: A Review of Perceptions and Use of Weather and Climate Information in Agricultural Decision Making. *Weather, Climate, and Society*, 6(1), 47–61. <https://doi.org/10.1175/WCAS-D-12-00062.1>
- Solow, A. R., Adams, R. F., Bryant, K. J., Legler, D. M., Brien, J. J. O., McCarl, B. A., ... Weiher, R. (1998). The Value of Improved ENSO Prediction. *Climatic Change*, 39(1), 47–60. <https://doi.org/10.1023/A:1005342500057>





UNA MIRADA SISTÉMICA AL PROCESO DE DIFUSIÓN DE LA INFORMACIÓN METEOROLÓGICA PARA LA TOMA DE DECISIONES DE LOS PRODUCTORES AGROPECUARIOS EN EL NORTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

CRISTIAN ARIEL ZUCHINI¹ ; LUCIANA ELUSTONDO² ; FRANCO BEVACQUA²

¹ INTA EEA Pergamino

² Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires

zuchini.cristian@inta.gob.ar

Resumen

Este trabajo analiza el proceso de difusión e incorporación de la información meteorológica y climática en los productores agropecuarios de la provincia de Buenos Aires, entendiendo que se trata de un factor que incide en el esquema de innovación agrícola local. Específicamente, el estudio se centra en la perspectiva del productor agropecuario respecto de la información meteorológica disponible y su uso para la toma de decisiones relacionadas con el proceso productivo.

Dentro del sector agropecuario, las tecnologías de proceso son clave para tener una mayor eficiencia y productividad con base en los recursos disponibles. En este marco, la información meteorológica es considerada una tecnología de proceso debido a que afecta la planificación de la producción. Los sistemas agropecuarios son producciones a cielo abierto, por lo que sus actividades se encuentran afectadas por el clima. Los rindes de los cultivos se ven modificados por la variabilidad climática interanual, y esto repercute en el retorno económico. Por lo tanto, conocer lo que pasa con el clima y

sus variaciones, para anticiparse a condiciones favorables o desfavorables, es central en este tipo de producciones.

Los objetivos de este estudio son: caracterizar las formas de acceso a la información sobre el clima en la producción agropecuaria, identificar las características de los productores y sus empresas asociadas con la predisposición a ajustar las decisiones de gestión de la finca en función de un pronóstico climático estacional.

Para realizar este trabajo se utilizó como insumo, una encuesta a productores agropecuarios de los partidos de Chivilcoy y Pergamino, norte de la provincia de Buenos Aires, Argentina. En las cuales se pone énfasis en el análisis del proceso de difusión de la información meteorológica.

Palabras clave: sistemas de innovación agrícola, servicios climáticos, difusión de innovación, productores de Chivilcoy y Pergamino, proceso tecnológico.

Abstract

This paper analyzes the process of diffusion and incorporation of meteorological and climatic information in agricultural producers in the province of Buenos Aires, understanding that this is a factor that influences the local agricultural innovation system. The study, which is exclusively focused on the agricultural producer's perspective, analyzes how those producers use the weather information in order to make decision related to the production process. In the agricultural sector, process technologies are essential for higher efficiency and productivity using the existing resources. In this context, meteorological information is considered a process technology because it affects production planning. Agricultural systems are outdoor productions, so their activities are affected by the weather. Crop performance is modified by interannual climatic variability, and this has an effect on the

economic return. So, knowing what is happening with the weather and its variations is crucial to production, anticipate favorable or unfavorable conditions.

The objectives of this study are: characterize the forms of access to climate information in agricultural production, identify the characteristics of farmers and their enterprises associated with the predisposition to adjust farm management decisions according to a seasonal climate prediction. A survey of agricultural producers in the districts of Chivilcoy and Pergamino, north of the province of Buenos Aires, Argentina, was used as an input for this work. In this study, focus was placed on the process of diffusion of weather information. Keywords: agricultural innovation systems, climate services, diffusion of innovation, Chivilcoy y Pergamino producers, technology process.

Introducción

El análisis del proceso del cambio tecnológico ha sido objeto de amplios debates en el marco de la economía de la innovación. Como resultado de los avances logrados, se comprendió que la difusión de la innovación es tan importante como la innovación, porque la difusión no es solo un proceso por el cual se difunde el uso de una tecnología, sino que también es un proceso por el cual la tecnología se desarrolla (Geroski, 2000). El enfoque sistémico está siendo utilizado para comprender el fenómeno de la innovación, debido a la importancia de la interacción entre los actores heterogéneos que componen los sistemas de innovación y sus funciones habilitadoras para la generación, difusión y uso del conocimiento y la tecnología. Conocer las capacidades y las funciones de estos actores y su entorno es esencial para comprender un sistema de innovación (Gutti, 2018).

En las últimas décadas la actividad agropecuaria argentina ha experimentado cambios tecnológicos y un incremento productivo importante (Reca et al., 2010; Anlló et al., 2015; Trigo et al., 2018; Bisang, 2020). Las innovaciones incorporadas

abarcan dos planos: las tecnologías de procesos y de productos. Dentro de esta incorporación de procesos en la producción agropecuaria, una de las variables que tiene una incidencia significativa, son los cambios climáticos y los eventos meteorológicos, por este motivo contar con la información del estado del clima de antemano es importante para la planificación del sistema de producción y la orientación de los procesos con el propósito de disminuir al mínimo los daños que pueden producirse en los cultivos.

Los objetivos de este estudio son: Caracterizar las formas de acceso a la información sobre el clima en la producción agropecuaria en el norte de la provincia de Buenos Aires, Argentina, identificar las características de los productores y sus empresas asociadas con la predisposición a ajustar las decisiones de gestión de la finca en función de un pronóstico climático estacional. Identificar oportunidades para mejorar la provisión de servicios públicos climáticos basados en pronósticos meteorológicos y climáticos estacionales para la agricultura. En este resumen se presentan resultados parciales.

Presentación del Caso

En el caso que estamos abordando, nos encontramos con una fuerte dinámica de incorporación de tecnologías, con ciertas particularidades. El sector agropecuario de Argentina ha experimentado un gran crecimiento y aumento de rentabilidades en las últimas décadas, lo que permitió la modernización de las producciones. Diversos autores como Reca et al. (2010), Anlló et al. (2015), Trigo et al. (2018) y Bisang, (2020) atribuyen este incremento de la productividad a la incorporación de innovaciones en el sector agrícola. Estas innovaciones abarcan tecnologías de producto, procesos y organizacionales, que permitieron aumentar los rendimientos, cambiar las formas de producir y trajeron aparejados cambios en la organización de las empresas agropecuarias.

El productor agropecuario, ante esta nueva dinámica y teniendo que interactuar con el paquete de las nuevas tecnologías disponibles, tuvo que valerse de diversas fuentes de información y nuevos conocimientos para la toma de decisión en la empresa agropecuaria. La información meteorológica es uno de los diferentes factores que comenzaron a tener mayor relevancia dentro de este nuevo paquete tecnológico para la toma de decisiones. La información climática se utiliza principalmente con fines de planificación agrícola, mientras que los datos meteorológicos recientes y los pronósticos meteorológicos se utilizan principalmente en las operaciones agrícolas actuales (OMM, 2009).

Información meteorológica para la toma de decisiones

En Argentina, un grupo de investigadores liderados por David Letson (2001), realizaron un trabajo donde se buscaba identificar las percepciones y las necesidades de los usuarios de este tipo de información. En este estudio se concluyó que, para promover el uso de los pronósticos climáticos, primero hay que evaluar la interpretación de los usuarios de dicha información, y esta percepción es propia de los productores de un lugar y su contexto (Letson et al., 2001). También Podestá y otros (2002), anuncian, como resultado de uno de sus trabajos, que la comunicación, los contenidos o formatos de pronóstico deseados, se han identificado repetidamente por los productores como impedimentos importantes para el uso de la información climática. Además, los autores identificaron que la difusión y el uso de los pronósticos son cuestiones complejas y pueden verse obstaculizadas por barreras técnicas, financieras y culturales.

En un trabajo reciente, realizado por Loboguerrero y otros (2018), sobre la brecha climática entre la ciencia y los agricultores, se señala lo siguiente, para que los agricultores puedan evaluar las opciones de cultivo a la luz de las probables condiciones meteorológicas y climáticas, se requiere un enfoque sistemático para que no solo tengan acceso a información sobre los patrones climáticos probables y las respuestas de los cultivos, sino

también para que los agricultores participen en la discusión sobre cómo utilizar mejor los resultados del pronóstico climático y las predicciones de producción de cultivos.

En suma, estos trabajos indican que es necesario analizar a los productores en su contexto, conocer la percepción que tienen sobre la importancia de la información meteorológica y el vínculo de los oferentes de la información con los usuarios (productores), cuáles son las barreras para el acceso a la información, cómo es la aplicación de dicha información y cómo incide sobre las decisiones de los productores agropecuarios.

Considerando que en los últimos años los productores agropecuarios han tenido un mayor acceso a diferentes dispositivos tecnológicos y han avanzado en la incorporación de tecnología en los procesos productivos, el análisis de la difusión y el uso de la información meteorológica, adquiere una gran importancia porque representa una oportunidad de aprendizaje para los productores y en especial para los de menor desarrollo relativo, quienes a través del trabajo conjunto con los organismos generadores de conocimiento y servicios podrían adquirir capacidades que les permitan utilizar dicha información para mejorar la toma de decisiones sobre el proceso de producción

Metodología

En este trabajo nos centraremos en los atributos de la demanda, a través de una encuesta a productores de los partidos de Chivilcoy y Pergamino; y, en el atributo de la dimensión de la oferta, a través de documentos y trabajos de investigación sobre las instituciones que brindan la información meteorológica, permitiendo identificar a los actores del proceso. El diseño metodológico propuesto es cuantitativo con muestras representativas de los partidos seleccionados. Las encuestas fueron realizadas entre los meses de mayo y diciembre del 2021, para ello se diseñó el cuestionario titulado “Información Climática y Toma de Decisiones en la Empresa Agropecuaria”, trabajo conjunto entre INTA, UNQ y UNNOBA.

La encuesta contiene las preguntas que permitieron caracterizar a las empresas agropecuarias y sus responsables, el uso de la tierra, las percepciones sobre los factores de riesgo, las fuentes de información, la frecuencia con que consultan dicha información climática y los pronósticos y el uso que los productores hacen de esta información para la toma de decisiones.

Se encuestaron un total de 76 productores que realizan agricultura extensiva, 40 productores pertenecen al partido de Chivilcoy y 36 al partido de Pergamino. El muestreo se realizó por cuotas, las cuales se definieron por la superficie trabajada.

Resultados

En los siguientes puntos vamos a caracterizar a los productores consultados, indagando sobre qué información es de su interés y que canales comuni-

cación utilizan al momento de conocer el clima y meteorología de la zona y cómo influye en las decisiones productivas (Cuadro 1).

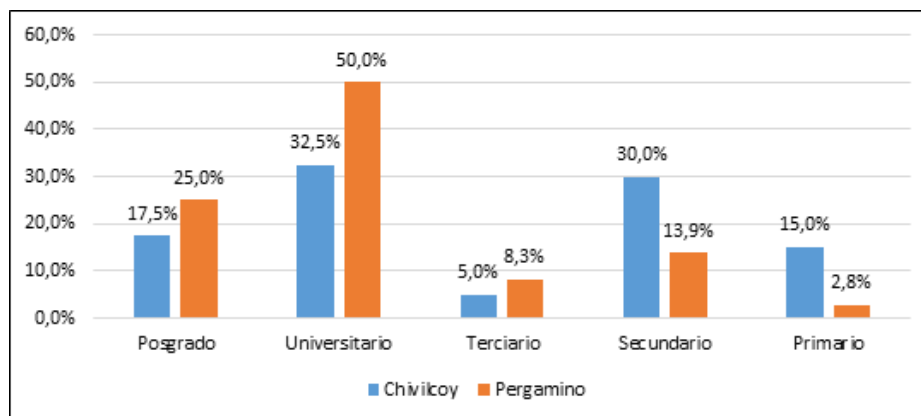
Cuadro 1. Edad y experiencia de los productores encuestados

	Chivilcoy		Pergamino	
	Edad (años)	Experiencia en la actividad agropecuario (años)	Edad (años)	Experiencia en la actividad agropecuario (años)
Mínimo	26	6	28	4
Máximo	71	55	77	53
Promedio	46,2	25,9	47,4	22,5

El 32,5% de los productores de Chivilcoy declara tener educación universitaria y el 17,5% posgrado y

en el caso de Pergamino 50% universitaria y 25% posgrado (Figura 1).

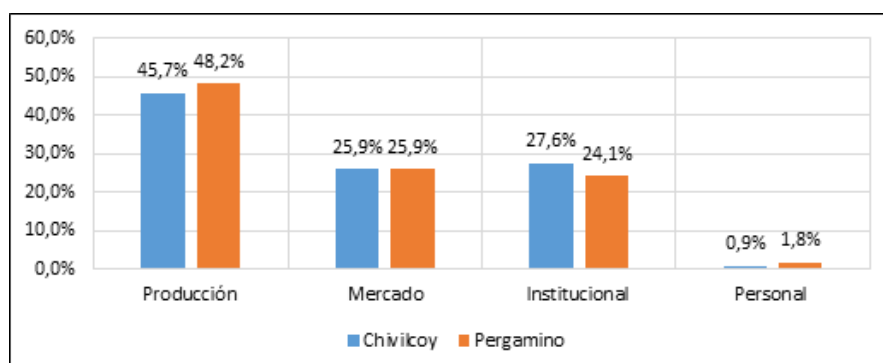
Figura 1. Máximo grado de educación formal. Nota: las respuestas son excluyentes



Uno de los temas destacados en el relevamiento está vinculado a conocer la percepción de los productores sobre las fuentes de riesgo en la producción agropecuaria. La pregunta sobre fuentes de riesgo se planteó en forma abierta, y las respuestas fueron variadas. Se identifica un conjunto de palabras que se mencionan con mayor frecuencia, tales como clima o climático 58 veces, Gobierno o políticas 37 veces y precio/s en 25 oportunidades.

Las respuestas de los productores, se agruparon según la clasificación de “Riesgo agropecuario” propuesta por Komarek et al (2020) (producción, mercado, institucional, personal - y financiero) se observa que la categoría más importante es la asociada a los riesgos de producción, dentro de la cual se incluye los vinculados con el tiempo y el clima (Figura 2).

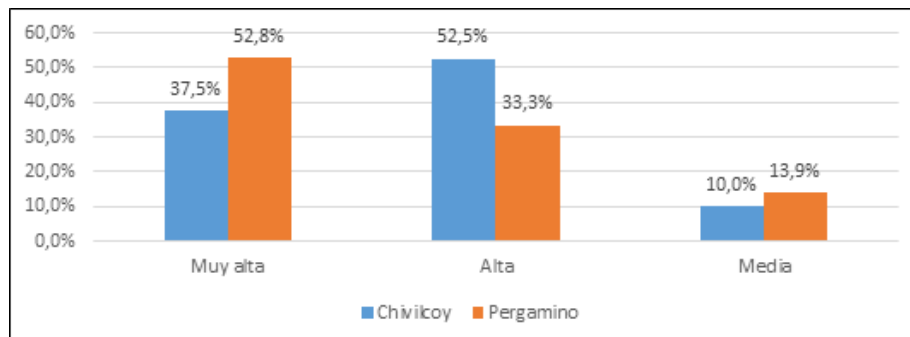
Figura 2. Tipos de riesgo de la actividad agropecuaria, identificados por los productores agropecuarios de Chivilcoy y Pergamino.



Dentro del conjunto de los riesgos, se consultó específicamente a los productores sobre la impor-

tancia que le atribuyen a la variación climática como fuente de riesgo en la producción (Figura 3).

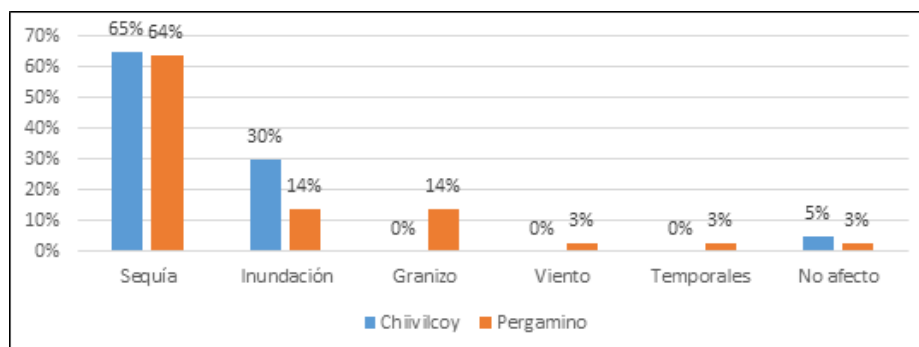
Figura 3. Importancia que se le atribuye a la variabilidad climática como fuente de riesgo de la producción agropecuaria por partido.



A su vez, cuando se les pidió que profundicen sobre qué tipo de fenómenos climáticos son los que

tienen mayor efecto sobre la producción, los resultados fueron los que se muestran en la Figura 4.

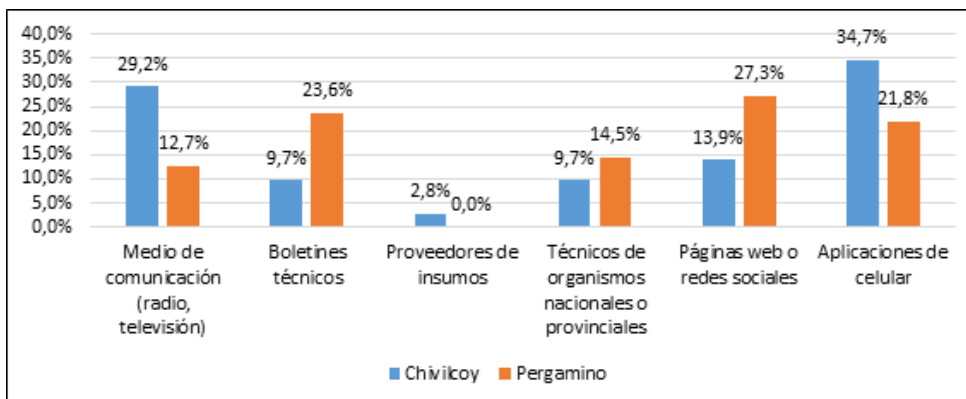
Figura 4. Percepción de los productores de Chivilcoy y Pergamino sobre el impacto de cada fenómeno climático en la producción agropecuaria. Porcentaje de productores del total encuestados, por fenómeno.



En cuanto al acceso a la información climática, es decir, el medio por el cual obtienen el pronóstico del clima y otras variables meteorológica relevantes para la producción. En términos específicos, los canales que utilizan los productores para informar-

se son los medios de comunicación (radio y televisión), las aplicaciones de teléfonos móviles, las páginas web o redes sociales y los profesionales de organismos del estado, entre otros (Figura 5).

Figura 5. Fuentes de información consultadas, por partido.



Nota: las respuestas no son excluyentes

También se consultó, puntualmente, por los boletines desarrollados por la Oficina de Riesgo Agropecuario (ORA), el Instituto de Clima y Agua del INTA, la Bolsa de Cereales de Buenos Aires, los realizados por la Bolsa de Comercio de Rosario, y los del Servi-

cio Meteorológico Nacional.

En todos los casos se observa que son muchos los productores que conocen los informes generados por las instituciones, pero no son una fuente de consulta regular (Figuras 6 y 7).

Figura 6. Nivel de conocimiento y consulta de la información producida por la ORA, por partido.

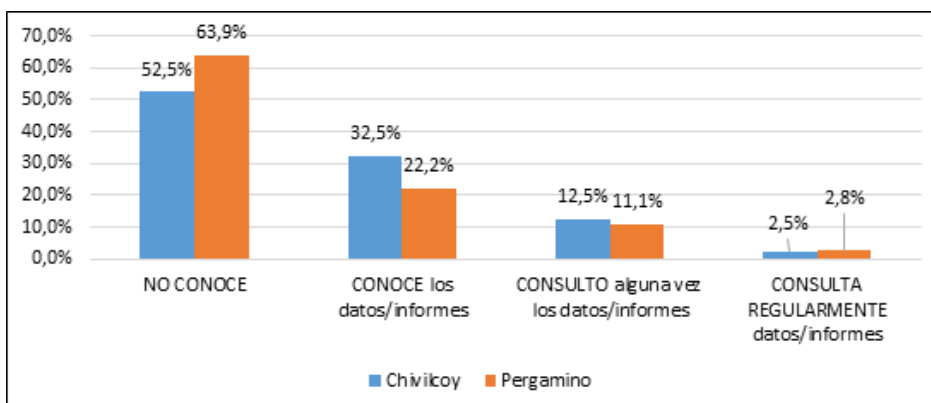
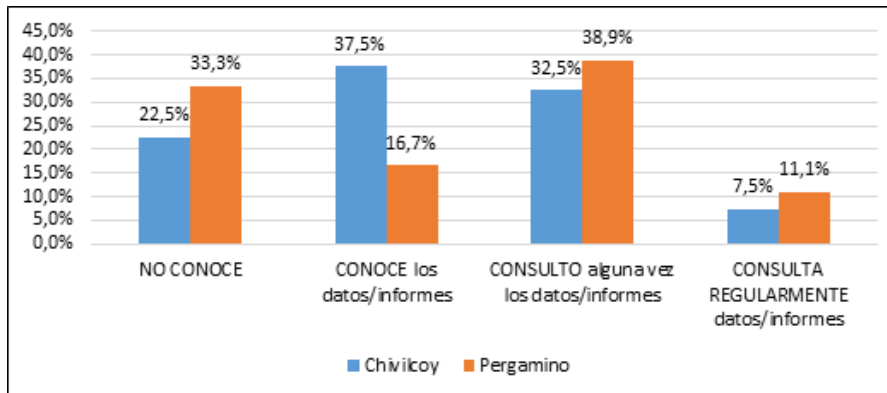


Figura 7. Nivel de conocimiento y consulta de la información producida por el Instituto de Clima y Agua (INTA), por partido.



Referencias bibliográficas

Anlló, G., Bisang R. & Katz, J., (2015). Aprendiendo con el agro argentino: De la ventaja comparativa a la ventaja competitiva: El rol de las KIBs. <http://dx.doi.org/10.18235/0000232>

Bisang, R., (2020). Las innovaciones en las producciones agropecuarias argentinas. IIEP-FCE-UBA/CONICET. La ruralidad en tensión, libro, colección: estudios agrarios.

Geroski, P. A., (2000). "Models of technology diffusion". *Research Policy*, 29: 603-625.

Gutti, P., (2018). La difusión de las innovaciones en las cadenas globales de valor. en: López López; Guimón de Ros y Salazar Elena (Ed.): *Innovación, capital intelectual y desarrollo económico. Ensayos en honor a Paloma Sánchez*. Cap. 8, pp. 107-121., Ed. UAM Ediciones, Madrid, España.

Komarek, A., De Pintol, A., Smith, V., (2020), A review of types of risks in agriculture: What we know and what we need to know. *Agricultural Systems*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102738>

Letson, D., Llovet, I., Podestá, G., Royce, F., Brescia, V., Lema, D., Parellada, G., (2001). "User perspectives of climate forecasts: Crop producers in Pergamino, Argentina". Technical Report. The Florida Consortium. UM-2000-001. Miami.

Loboguerrero, A., Boshell, F., León, G., Martínez-Baron, D., Giraldo, D., Recaman Mejía, L., Díaz, E., Cock, J., (2018). Cerrar la brecha entre la ciencia climática y los agricultores en Colombia. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2018.08.001>.

Reca, L.; Lema, D. y Flood, C., (2010). El crecimiento de la agricultura argentina. Medio siglo de logros y desafíos. Buenos Aires: Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires.

Rogers, E. M., (2003). *Diffusion of Innovations*. New York: Free Press.

Trigo, E., Fernández Díez, M.C., Méndez, J.C., Demichelis, F., (2018), La revolución Agrotech en Argentina: Financiamiento, oportunidades y desafíos. BID. - <http://dx.doi.org/10.18235/0001154>



A large, stylized number '2' is the central focus of the page. It is constructed from several rectangular blocks of red and dark red. The top part is a solid red block. Below it, a dark red block forms the middle vertical stroke. The bottom part is a red block that extends to the right, forming the base of the '2'.

2

BLOQUE

Riesgo y ambiente

EVALUACIÓN DE RIESGO DE CONDICIONES HÍDRICAS FUTURAS EN DOS ESCALAS TEMPORALES UTILIZANDO MODELOS DE PRONÓSTICO DE VARIABLES METEOROLÓGICAS

ADRIANA BASUALDO ¹; LISANDRO BRELLES ¹ ; FÉLIX CARRASCO ¹ y MARISOL OSMAN ^{2 3 4 5}

¹ Oficina de Riesgo Agropecuario, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (ORA-MAGyP)

² Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos.

³ CONICET – Universidad de Buenos Aires. Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA).

⁴ CNRS – IRD – CONICET – UBA. Instituto Franco-Argentino para el Estudio del Clima y sus Impactos (IRL 3351 IFAECI). Buenos Aires, Argentina.

⁵ Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Germany

riesgo@magyp.gob.ar

Resumen

El modelo de balance hídrico de la Oficina de Riesgo Agropecuario (ORA) calcula diariamente el contenido de agua en el suelo para gran parte del territorio nacional y para diferentes cultivos. Recientemente se ha incorporado un procedimiento que permite además realizar escenarios a futuro cercano, combinando simulaciones estadísticas de las series de precipitación con el pronóstico a 7 días del modelo Global Forecast System (GFS), elaborados por el National Center for Environmental Prediction (NCEP). Tiene el objetivo de evaluar anticipadamente la probabilidad de diferentes estados de los almacenajes hídricos a 7 días en el futuro, adelantándose a la posibilidad de déficits o excesos hídricos en los periodos críticos de cada cultivo. Por otro lado, ya que la eficiencia de este modelo de pronóstico decae marcadamente luego de ese periodo semanal, se comenzó a

desarrollar otra metodología que apunta a superar el horizonte de 7 días de la previsión de condiciones secas o excesos hídricos utilizando GFS. Consiste en la evaluación de un ensamble de 16 pronósticos provenientes del modelo CFS v2, elaborados también por el NCEP, que difieren levemente en fecha/hora de inicio alrededor de la fecha de inicio del pronóstico. Para cada miembro se calcula el balance hídrico por separado, obteniendo 16 valores de almacenaje pronosticados. Esto permite calcular la mediana y una medida de la incertidumbre a partir de los percentiles correspondientes. Este segundo procedimiento se realiza actualmente para 8 sitios y su evaluación se halla en proceso.

Palabras clave: Escenarios; pronóstico; almacenaje

Abstract

The water balance model of the Oficina de Riesgo Agropecuario (ORA) calculates daily the water content in the soil for a large part of the national territory and for different crops. Recently, a procedure has been incorporated that also makes it possible to perform near-future scenarios, combining statistical simulations of the precipitation series with the 7-day forecast of the Global Forecast System (GFS) model, prepared by the National Center for Environmental Prediction (NCEP). The objective is to evaluate in advance the probability of different states of 7-day water storage in the future, anticipating the possibility of water deficits or excesses in the critical periods of each crop. On the other hand, since the efficiency of this forecast

model declines sharply after this weekly period, another methodology was developed to overcome the 7-day horizon of the forecast of dry conditions or excess water using GFS. It consists of the evaluation of an ensemble of 16 forecasts from the CFS v2 model, also produced by the NCEP, which differ slightly in start date/time around the forecast start date. For each member, the water balance is calculated separately, yielding 16 predicted storage values. This allows the median and a measure of uncertainty to be calculated from the corresponding percentiles. This second procedure is currently performed for 8 sites and its evaluation is in progress.

Keywords: Scenarios; forecast; storage

Objetivos

La Oficina de Riesgo Agropecuario (ORA) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de Argentina (MAGyP) genera y publica semanalmente un monitoreo de condiciones hídricas de cultivos. Complementando esta información, se pretende estimar el riesgo de sequía/exceso en el futuro próximo. Con este objetivo se han desarrollado dos productos.

El primero es una estimación de riesgo a 7 días a partir de escenarios de precipitación (seco, normal y húmedo) derivado de una simulación Montecarlo a partir de series históricas (Basualdo et al., 2015) y de la precipitación diaria pronosticada por el modelo GFS.

El segundo producto es una estimación de las condiciones hídricas a mayor plazo, derivada de la incorporación de un ensamble de 16 pronósticos

provenientes del modelo CFS v2 al modelo de balance hídrico de la ORA. El conocimiento científico de las causas que producen la variabilidad climática regional, así como de sus niveles de predictibilidad, ha aumentado considerablemente en los últimos años (ej. Osman y Vera, 2017). Esto permite entonces plantearse el desafío de utilizar pronósticos de más largo plazo en la evaluación del riesgo agroclimático, sin embargo, es necesario evaluar también el aumento progresivo de la incertidumbre a medida que este plazo aumenta.

En ambos casos, el objetivo fue determinar escenarios a futuro de las reservas hídricas y contar con una evaluación anticipada de la probabilidad de que los almacenajes puedan resultar inadecuados, ya sea por déficit o por exceso.

Materiales y métodos

1. Escenarios estadísticos con pronóstico de corto plazo

El modelo que se presenta aquí utiliza valores estadísticos derivados de series de precipitación (1970-2021) para estimar el estado futuro de las reservas hídricas según tres escenarios posibles: lluvias abundantes, normales o escasas, en el periodo simulado (7 días). El primer paso es simular series de precipitación para el periodo futuro en función de estos estadísticos, utilizando el método Montecarlo (Basualdo, 2010). En el proceso se considera una función gamma para la determinación de montos posibles de precipitación y una cadena de Markov de primer orden para la determinación de la ocurrencia o no de la misma. Todas las series de precipitación sintéticas se integran al modelo de balance hídrico de la ORA. Partiendo del almacenaje actual, el modelo da como resultado los posibles estados de humedad

en el suelo al término del periodo. Luego, teniendo en cuenta la precipitación pronosticada para los próximos 7 días (Szunyogh et al., 2008; Whitaker et al., 2008), se determina el escenario al que pertenece la previsión (seco, normal o húmedo). Finalmente se analizan los resultados de las estimaciones de humedad en el suelo correspondientes a las simulaciones de lluvias que pertenecen al escenario pronosticado.

Con los resultados de estimación de agua en el suelo del escenario previsto, se contabilizan los casos en que se obtuvo DÉFICIT HÍDRICO (sin agua útil) o EXCESOS HÍDRICOS. La cantidad de casos en relación al total (porcentaje de casos) determina el nivel de riesgo, con 5 categorías que van desde "bajo" hasta "extremo".

2. Pronóstico de mediano plazo

Se utilizaron pronósticos retrospectivos diarios del modelo CFS v2 (Saha et al. 2010) con frecuencia cuatri-diurna, a partir de los cuales se estimaron los valores diarios de temperaturas máxima y mínima, humedad relativa, velocidad del viento, radiación de onda corta acumulada y precipitación en 8 puntos geográficos elegidos. El plazo de pronóstico considerado para este trabajo fue de 30 días. Se implementó una calibración para las variables meteorológicas consideradas con el fin de reducir el impacto de los errores del pronóstico climático en la estimación del balance hídrico. Con excepción de la precipitación, se utilizó la metodología de quantile-quantile mapping según Boe et al. (2007). La calibración de la precipitación se realizó siguiendo la metodología de Ines y Hansen (2006) que corrigen la intensidad y la frecuencia de esta

variable. En ambos casos se utiliza la distribución histórica entre 1999-2010 para cada día de pronóstico, para cada variable meteorológica. Finalmente se comparan con la distribución observada en el mismo periodo, realizando calibraciones entre las variables que se utilizan de forma operativa.

Para el período entre 01/12/2021 y 25/05/2022 se utilizaron pronósticos actualizados dos veces por semana (lunes y jueves) para las 8 estaciones consideradas. Para cada estación y cada uno de los 16 miembros del ensamble se calcula el balance hídrico, obteniendo 16 valores de almacenaje hídrico pronosticado. A partir de ellos se calculan la mediana y una medida de la incertidumbre a partir de percentiles, para cada día del periodo pronosticado (30 días).

Resultados

Los resultados son preliminares, ya que no se cuenta aún con un periodo suficiente como para evaluar la eficacia de los métodos para prever situaciones hídricas deficitarias o excesivas.

En el pronóstico de almacenaje hídrico a 7 días, la eficiencia de la previsión depende de la del modelo de pronóstico, en particular de la variable precipitación. Esta eficiencia depende de la época del año, con lo cual será necesario disponer de al menos un año completo para realizar un análisis de efectividad. Actualmente los resultados se resumen en

forma de mapas con colores relacionados con el nivel de riesgo en cada punto considerado.

Para el pronóstico a 30 días se realizó una evaluación preliminar de los resultados del breve periodo disponible (01/12/2021 y 25/05/2022). La evaluación de los errores de los pronósticos en términos del error medio (BIAS) y Error Cuadrático Medio dio mejores resultados entre los 7-10 primeros días, aunque en algunos momentos de la campaña se obtuvieron buenos resultados hasta 15 días.

Conclusiones

Fue posible realizar escenarios a futuro de contenido de humedad en el suelo para un horizonte temporal de 7 días y seleccionar el más probable en función del pronóstico de precipitación diaria de ese periodo. Los recursos computacionales son mucho menores que los que se emplearía al realizar el balance hídrico con valores pronosticados de todas las variables involucradas en el balance hídrico. Se evalúa que se trata de un indicador claro del riesgo de déficit o excesos hídricos a futuro, pero los resultados no se han evaluado aún en relación a lo que en realidad se verifica. Se prevé que con un año de resultados pueda realizarse esta

evaluación.

Se realizó un pronóstico de humedad del suelo hasta 30 días para ocho estaciones en Argentina. Los resultados para el período comprendido en la campaña de soja 2021/2022 son satisfactorios y promisorios en general para los primeros 10-15 días de pronóstico. Se requiere extender este trabajo a otras campañas para poder generalizar estos resultados. Como trabajo futuro se planea además extender la red de estaciones y considerar otros cultivos, como el trigo, girasol y maíz, por nombrar algunos.

Referencias bibliográficas

- Basualdo A. (2010). Balance hídrico diario para cultivos específicos. Disponible en el siguiente link: http://www.ora.gob.ar/informes/Reservas_de_Agua_Metodologia_balance.pdf
- Basualdo A., P. Carbajo, S. Ochiuzzi. (2015). Generación de escenarios a futuro del estado hídrico de los cultivos mediante balance hidrológico. Buenos Aires, Argentina. 26-29 mayo 2015. Actas del Congremet XII en CD. CONGREGMET XII.
- Boe J., L. Terray, F. Habetsband, E. Martin. (2007). Statistical and dynamical downscaling of the Seine basin climate for hydro-meteorological studies. *Int. J. Climatol.* 27: 1643–1655 (2007). DOI: 10.1002/joc.1602
- Ines A.V.M., J.W. Hansen. (2006). Bias correction of daily GCM rainfall for crop simulation studies. *Agricultural and Forest Meteorology* 138 (2006) 44–53. doi:10.1016/j.agrformet.2006.03.009
- Osman, M. and C. Vera. (2017). Climate predictability and prediction skill on seasonal time scales over South America from CHFP models. *Climate Dynamics*, 49: 2365. <https://doi.org/10.1007/s00382-016-3444-5>.
- Saha, S., Moorthi, S., Pan, H. L., Wu, X., Wang, J., Nadiga, S., & Goldberg, M. (2010). The NCEP climate forecast system reanalysis. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 91(8), 1015-1058
- Szunyogh, I., Kostelich, E. J., Gyarmati, G., Kalnay, E., Hunt, B. R., Ott, E., & Yorke, J. A. (2008). A local ensemble transform Kalman filter data assimilation system for the NCEP global model. *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*, 60(1), 113-130.
- Whitaker, J. S., Hamill, T. M., Wei, X., Song, Y., & Toth, Z. (2008). Ensemble data assimilation with the NCEP global forecast system. *Monthly Weather Review*, 136(2), 463-482.



Cultivo de soja anegado, centro de Santa Fe.

Fuente: Foto tomada por el equipo de Comunicaciones de INTA Rafaela.

MODELANDO EL RIESGO DE INCENDIOS EN ARGENTINA – UNA CONTRIBUCION A LAS POLITICAS DE MANEJO DEL FUEGO

VERONICA CARIDE

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Universidad Nacional de Formosa (UNaF)

vcaride@conicet.gob.ar / vcaride@unf.edu.ar

Resumen

Según FAO (2021), el 90% de los incendios son explicados por causas humanas. Resulta por tanto fundamental incluir en los sistemas de evaluación de peligro y alerta temprana de incendios forestales y rurales factores antrópicos. Si bien la Argentina posee un sistema de evaluación de peligro y alerta temprana de incendios forestales y rurales basado en el sistema canadiense, sólo estima 1 de sus 3 componentes, el Índice climático del fuego o FWI por sus siglas en inglés (Fire Weather Index). El sistema nacional omite el componente de predicción de ocurrencia, más conocido como FOP por sus siglas en inglés (Fire Occurrence Prediction), basado en variables antrópicas. Este artículo presenta un modelo econométrico de ocurrencia de incendios para Argentina, incorporando información antrópica a nivel departamental y controlando por variables meteorológicas. El objetivo es generar información que permita desarrollar un sistema que garantice la eficacia y

eficiencia en el manejo del fuego. Los resultados alcanzados nos indican que la actividad ganadera, las variables vinculadas a la calidad de vida, la densidad poblacional y la infraestructura vial tienen un impacto significativo sobre la ocurrencia de incendios. Como conclusión se puede afirmar que se recomienda para Argentina que las políticas públicas de manejo del fuego se focalicen en incorporar estrategias de prevención a partir de una mayor concientización y control de los incendios realizados en los establecimientos ganaderos y en aquellas zonas aledañas a los centros poblacionales y accesos viales, así como en mejorar la calidad de vida de las poblaciones rurales.

Palabras clave: manejo del fuego, riesgo de incendios, políticas de gestión ambiental, servicios eco-sistémicos, Argentina, cambio climático.

Abstract

According to FAO (2021), the 90% of fires are explained by human causes. It is therefore essential to include anthropic factors in forest and rural fire hazard assessment and early warning systems. Although Argentina has a forest and rural fire hazard assessment and early warning system based on the Canadian system, it only estimates 1 of its 3 components, the Fire Weather Index (FWI). The national system omits the component of fire occurrence prediction, better known as FOP, based on anthropic variables. This article presents an econometric model of fire occurrence for Argentina, incorporating anthropic information at the departmental level and controlling for meteorological variables. The objective is to generate information that allows the development of a system that guarantees the effectiveness and efficiency in fire

management. The results achieved indicate that livestock activity, variables related to quality of life, population density and road infrastructure have a significant impact on the occurrence of fires. In conclusion, it can be stated that it is recommended for Argentina that public fire management policies focus on incorporating prevention strategies based on greater awareness and control of fires carried out in livestock farms and in those areas surrounding population centers and road access as well as on improving the quality of life of rural populations.

Key words: fire management, fire risk, environmental management policies, ecosystem services, Argentina, climate change.

Introducción

Existe cada vez más preocupación en Argentina respecto a los incendios forestales y rurales, debido a que los mismos se han incrementado e intensificado como consecuencia del cambio climático. Recientemente el país ha experimentado dos incendios de gran magnitud, en la Provincia de Corrientes en enero de 2022 y en el Delta del Paraná en octubre del mismo año. En el primero de ellos el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) estima que ardieron más de 1 Millón de hectáreas, lo que equivaldría al 11.7% de la provincia. En el segundo caso las hectáreas consumidas por el fuego superarían las 375.000 las hectáreas afectadas, con fuertes impactos ambientales y sobre la salud humana debido a la cercanía con grandes centros urbanos.

Diversos estudios destacan la mayor preocupación global debido al incremento e intensificación de los incendios como consecuencia del cambio climático (Liu et al. 2010; Wotton et al. 2010; Moriz et al. 2012). Se prevé que aumente la frecuencia y gravedad de los eventos extremos, lo que producirá una alteración de los regímenes de incendios. Las sequías más frecuentes pueden traducirse en mayor probabilidad de ocurrencia de incendios forestales, así como en un incremento de intensidad, causando cuantiosos daños en términos ambientales, económicos y sociales. Asimismo, cabe destacar que la problemática se hace cada vez más preocupante, dado que la reducción de captación terrestre de carbono intensifica aún más esta tendencia.

Objetivos

El objetivo de este trabajo es contribuir a ampliar el sistema argentino de peligro de incendios a partir de desarrollar un modelo que estime las causas antrópicas en la ocurrencia de incendios y avanzar

en la formulación del FOP, con el objetivo de incrementar la eficacia en la evaluación y prevención de incendios para la Argentina.

Materiales y Métodos

Se generó una base de datos de incendios y de las principales variables explicativas, según la bibliografía existente. Una vez confeccionada la base de datos y realizó un análisis de consistencia sobre la misma, se estimaron modelos econométricos lineales con diversas especificaciones, con el fin de establecer cuáles son los factores significativos que afectan la ocurrencia de incendios. Finalmente se

presentaron los resultados obtenidos y se analizaron los mismos a fin de contribuir con la planificación de políticas públicas que permitan alcanzar un manejo sostenible del fuego, aprovechando sus beneficios al mismo tiempo que conservando y enriqueciendo los ecosistemas y volviéndolos más resilientes.

Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos a partir del modelo con mejor ajuste estimado son los siguientes:

■ Las variables vinculadas a una mejor calidad de vida reducen la probabilidad de ocurrencia de incendios. Por lo tanto, una estrategia fundamental a la hora de conservar los recursos ambientales debe ser asegurar mejores condiciones de vida de las poblaciones rurales.

■ La actividad ganadera incrementa la probabilidad de ocurrencia de incendios. Por consiguiente, deben realizarse actividades de concientización y capacitación a los productores ganaderos para poder lograr un manejo sustentable del fuego, aprovechando los beneficios que el mismo ofrece, pero conservando a la vez los recursos naturales, materiales y las vidas humanas.

■ El acceso de la población a los sectores rurales a partir de las rutas, caminos y senderos incrementan la probabilidad de ocurrencia de incendios. Por lo tanto, un monitoreo en los sectores linderos a los caminos resulta fundamental para la prevención de incendios forestales y rurales.

■ La presión poblacional incrementa la probabilidad de ocurrencia de incendios. Por consiguiente, los esfuerzos de concientización, al público en general, debe estar orientados hacia aquellas áreas urbanas lindantes a zonas rurales y de bosques.

Si bien los resultados presentados en este trabajo confirman que la metodología aplicada y las estimaciones obtenidas son consistentes y lo suficientemente robustas, existen algunos análisis pendientes para futuros trabajos de gran relevancia. En primer lugar, cabe destacar la importancia de explorar la estructura espacial de los datos y se analizará la importancia de incorporar, o no, metodologías de econometría espacial para estimar los modelos aquí planteados. Por otra parte, si bien en las estimaciones realizadas considerando a los hotspots como variable dependiente no arrojaron resultados significativos, la estructura espacial de esta variable podría estar afectando los resultados. Por lo tanto, el primer paso en futuros trabajos se focalizará en lo espacial. Paralelamente se podrá continuar con la búsqueda de variables nivel departamental que puedan estar siendo omitidas en el modelo y sumen poder explicativo. En este sentido se destacan las siguientes: i) Las líneas de media tensión, las cuales se sumarán a las de alta tensión ya consideradas, ii) Otras variables referidas a la actividad turística, y no sólo turismo rural, iii) La incorporación de variables referidas a la ecología como ser la deforestación y degradación forestal, la superficie de áreas protegidas, etc. iv) Incrementar la frecuencia de las variables referidas a las actividades agropecuarias, etc.

Conclusiones

Los resultados alcanzados nos indican que los principales factores antrópicos que inciden en la ocurrencia de incendios son: i) la actividad ganadera, ii) las variables vinculadas a una mejor calidad de vida, iii) el acceso de la población a los sectores rurales a partir de las rutas, caminos y senderos y iv) La presión demográfica. Todos estos factores inciden positivamente, incrementando la probabilidad de ocurrencia de los incendios, excepto las variables vinculadas a la mejora calidad de vida. En base a estos resultados, las recomendaciones que se derivan de este trabajo a fin de lograr un sistema de manejo del fuego más eficiente y sostenible son las siguientes: i) Una estrategia fundamental a la hora de conservar los recursos ambientales debe

ser asegurar mejores condiciones de vida de las poblaciones rurales, ii) Deben realizarse actividades de concientización y capacitación a productores ganaderos para poder lograr un manejo sustentable del fuego, aprovechando los beneficios que el mismo ofrece, pero conservando a la vez los recursos naturales, materiales y las vidas humanas, iii) Un monitoreo en los sectores linderos a los caminos resulta fundamental para la prevención de incendios forestales y rurales y iv) Los esfuerzos de concientización al público en general debe estar orientados hacia aquellas áreas urbanas lindantes a zonas rurales y de bosques.

Referencias bibliográficas

- ° Anselin L. (Ed.) (1988). *Spatial Econometrics: Methods and Models*. Departments of Geography and Economics, University of California, Santa Barbara.
- ° Arndt N. et al. (2013). Modeling human-caused forest fire ignition for assessing forest fire danger in Austria. *Forest – Biogeosciences and Forestry*, 6, 315-325.
- ° Chuvieco E et al. (2010). Development of a framework for fire risk assessment using remote sensing and geographic information system technologies. *Ecological Modelling*, 221, 46–58. doi:10.1016/J.ECOLMODEL.2008.11.017
- ° Costafreda-Aumedes S., Comas C. y Vega-García C. (2017). Human-caused fire occurrence modelling in perspective: a review. *International Journal of Wildland Fire*, 26, 983-998.
- ° Egoif P. (2017). Estudio econométrico sobre incendios forestales e incentivos económicos a partir de la ley de bosques en Argentina, Tesis de Maestría Universidad del CEMA. Doi: <http://hdl.handle.net/20.500.12123/1789>
- ° Elhost P. J. (Ed.) (2014). *Spatial Econometrics From Cross-Sectional Data to Spatial Panels*. Springer
- ° Gujarati D. N. y Porter D.C. (Ed.) (2010). *Econometría, Quinta Edición*. Mc Graw Hill, México.
- ° Herrera M. (2016). *Econometría espacial usando STATA. Teoría y aplicaciones*. CONICET-IELDE, Universidad Nacional de Salta.
- ° Jennings Ch. (1999). Socioeconomic Characteristics and their Relationship to Fire Incidence: A Review of Literature. *Fire Technology*, 35, (1).
- ° Li Jin, Heap Andrew D. (2011). A review of comparative studies of spatial interpolation methods in environmental sciences: Performance and impact factors. *Ecological Informatics*, 6, 228-241
- ° Li W. et al. (2021). Prediction And Evaluation of Forest Fire In Yunnan of China Based On Geographically Weighted Logistic Regression Model. *Research Square*
- ° Liu Y, Stanturf J, Goodrick S (2010) Trends in global wildfire potential in a changing climate. *Forest Ecology and Management* 259, 685–697.
- ° López A.S. et al. (2008). Integration of socio-economic and environmental variables for modelling long-term fire danger in Southern Europe. *European Journal of Forest Research*, 127, 149–163.
- ° Lovelace R., Nowosad J. y Muenchow J. (2019). *Geocomputation with R*. Chapman & Hall, CRC Press.
- ° Mancini L. D., Corona P. y Salvati L. (2018). Ranking the importance of Wildfires' human drivers through a multi-model regression approach. *Environmental Impact Assessment Review*, 72, 177-186.
- ° Martínez J., Chuvieco E. y Koutsias N. (2013). Modelling long-term fire occurrence factors in Spain by accounting for local variations with geographically weighted regression. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 13, 311–327.
- ° Martínez J., Chuvieco E. y Martín P. (2004). Estuation of Risk Factors of Human Ignition of Fires in Spain by Means of Logistic Regression. *Symposium on Fire Economics, Planning and Policy: A Global View*.
- ° Morello T.F. et al. (2020). Predicting fires for policy making: Improving accuracy of fire brigade allocation in the Brazilian Amazon. *Ecological Economics*, 169, 1-14.
- ° Moritz MA, Parisien M-A, Battlori E, Krawchuck MA, van Dorn J, Ganz DJ, Hayhoe K (2012). Climate change and disruptions to global fire activity. *Ecosphere* 3, 1–22.
- ° Plucinski M. P. (2012). *A Review of Wildfire Occurrence Research*. CSIRO Ecosystem Science and CSIRO Climate Adaptation Flagship.
- ° Rodrigues M., de la Riva J. y Fotheringham S. (2014). Modeling the spatial variation of the explanatory factors of human-caused wildfires in Spain using geographically weighted logistic regression. *Applied Geography*, 48, 52-63.
- ° Sánchez S. et al. (2022). Determinación de regímenes de incendios y sequías usando información satelital y meteorológica para Córdoba, Argentina. *Agriscientia*, 39, (1): 1-13.
- ° Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Argentina, Programa Nacional de Evaluación de Peligro de Incendios y Alerta Temprana. (2012). *Sistema de Evaluación de Peligro de Incendios, Informe Técnicos N° 1 del, Plan Nacional de Manejo del Fuego*. Recuperado de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/ambiente-itn1_pnmf.pdf
- ° Taylor S., Woolford D. y Martell D. (2013). Wildfire Prediction to Inform Management: Statistical Science Challenges. *Statistical Science*, 28 (4), 586-615.
- ° Vilar del Hoyo L., Martín Isabel M. P. y Martínez Vega F. J. (2011). Logistic regression models for human-caused wildfire risk estimation: analyzing the effect of the spatial accuracy in the fire occurrence data. *European Journal of Forest Research*, 130, 983-996.
- ° Woolford D.G. et al. (2020). The development and implementation of a human-caused wildland fire for the province of Ontario. *Canadian Journal of Forest Research*, 51, 303–325.
- ° Wotton BM, Nock CA, Flannigan MD (2010) Forest fire occurrence and climate change in Canada. *International Journal of Wildland Fire*, 19, 253–271. doi:10.1071/WF09002
- ° Xi D., Taylor S., Woolford D. y Dean C. (2019). Statistical Modelos of Key Components of Wildfire Risk. *Annual Review of Statistics and Its Application*, 6:197-222.



HUELLA DE CARBONO DE PRODUCCIONES DE TRIGO (TRITICUM AESTIVUM L.): COMPARACIÓN ENTRE LAS REGIONES DE BUENOS AIRES NORTE Y DE NUEVO BRANDEBURGO

MOHS, A.D.¹ ; GARCÍA STEPIEN, L.E.²

¹Facultad de Ciencias Agrarias*, Universidad de Concepción del Uruguay

²Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora.

a_mohs@hotmail.com

Resumen

El objetivo principal fue comparar la huella de carbono (kg CO₂eq/tn de grano de trigo, HC) de las producciones de trigo de la Región Buenos Aires Norte (RBAN, Argentina) con las de la Región Nuevo Brandeburgo (RNB, Alemania). Se relevaron 79 lotes de la RBAN en siembra directa y 35 lotes de la RNB en labranza convencional, para la campaña 2019/2020. Para calcular la HC se aplicó una ecuación adaptada de la "ecuación de cálculo para las emisiones procedentes de la extracción o el cultivo de materias primas" propuesta en "ISCC 205 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI)" avalada por ISCC PLUS (2018). Los resultados indicaron que la HC de la RBAN es menor (256,1 kg CO₂eq/tn) que la de la RNB (279,1 kg CO₂eq/tn). En ambas regiones, las emisiones de GEI por la producción de fertilizantes sintéticos, seguidas por las de la ferti-

zación nitrogenada y por el uso y quema de combustibles y lubricantes fósiles, son los hotspots. La Eficiencia GEI ("kg de grano de trigo/kg CO₂eq") en la RNB es menor (3,7 kg/kg CO₂eq) que en la RBAN (4,0 kg/kg CO₂eq), a pesar de tener un rendimiento significativamente mayor (7,7 vs. 5,4 tn/ha). Ante este escenario, es inminente poner el foco en la mejora de la eficiencia de los procesos productivos, para así lograr una menor HC. El desafío consiste tanto en alcanzar una mayor eficiencia en el uso y aplicación de las fuentes nitrogenadas, como fomentar el empleo de fertilizantes con menor potencialidad de emisión.

Palabras clave: Trigo; gases de efecto invernadero; huella de carbono; eficiencia GEI; labranza convencional; siembra directa.

Abstract

The main objective was to compare the carbon footprint (kg CO₂eq/tn wheat grain, CF) of wheat productions of the Northern Buenos Aires Region (NBAR, Argentina) with those of the New Brandenburg Region (NBR, Germany). 79 NBAR plots in no-tillage and 35 NBR plots in conventional tillage were surveyed for the 2019/2020 season. To calculate the CF, an equation adapted from the "equation for calculating emissions from extraction or

cultivation of raw materials" proposed in "ISCC 205 Greenhouse Gas (GHG) Emissions" endorsed by ISCC PLUS (2018) was applied. The results indicated that the CF of the NBAR is lower (256.1 kg CO₂eq/tn) than that of the NBR (279.1 kg CO₂eq/tn). In both regions, GHG emissions from synthetic fertilizer production, followed by nitrogen fertilization and the use and burning of fossil fuels and lubricants, are the hotspots.

Abstract

The GHG Efficiency ("kg of wheat grain/kg CO₂eq") in the NBR is lower (3.7 kg/kg CO₂eq) than in the NBAR (4.0 kg/kg CO₂eq), despite having a significantly higher yield (7.7 vs. 5.4 tn/ha). Given this scenario, it is imminent to focus on improving the efficiency of production processes in order to achieve a lower CF. The challenge is to achieve

greater efficiency in the use and application of nitrogen sources, as well as to promote the use of fertilizers with lower emission potential.

Keywords: Wheat; greenhouse gases; carbon footprint; GHG efficiency; conventional tillage; no tillage.

Introducción

El continuo crecimiento de la población mundial, está provocando una mayor competencia por el uso de la tierra, el agua y la energía (UN, 2015). Paralelamente, el aumento de la productividad agrícola, para suplir esta demanda, podría ser una posible fuente de daños medioambientales (Hazell & Wood, 2008; Pretty & Hine, 2001; Tilman et al., 2002). La huella de carbono (HC) surge como una herramienta para la medición de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) resultantes de la producción de los bienes a lo largo de su ciclo de vida -en el presente estudio expresada en unidades "kg de CO₂eq por tn de grano de trigo"- (Lottici, 2012). El 18,4% de las emisiones antropogénicas mundiales de GEI provienen de la agricultura y usos

del suelo, donde el 38% proviene únicamente del uso de fertilizantes orgánicos y minerales, entre los cuales el 75% se debe al uso de fertilizantes nitrogenados (Ahlgren et al., 2010; Engström et al., 2007; Hillier et al., 2009; Ourworldindata.org, 2020; Wegner & Theuvsen, 2010). El trigo es uno de los tres granos más producidos globalmente junto al maíz y al arroz, siendo una de las principales fuentes de energía alimenticia y la principal fuente de proteína de consumo humano (Abbate et al., 2017). Debido a su impacto en la producción mundial, es importante obtener información sobre su HC y cuáles de sus componentes son determinantes sobre la misma.

Objetivos

El objetivo fue comparar el impacto ambiental de las producciones de trigo de la Región Buenos Aires Norte (RBAN, Argentina) con las de la Región Nuevo

Brandeburgo (RNB, Alemania), medido a través de la HC.

Materiales y métodos

Se relevaron 79 lotes de la RBAN en siembra directa y 35 lotes de la RNB en labranza convencional, para la campaña 2019/2020.

Para calcular la HC se aplicó la Ecuación 1, adaptada de la "ecuación de cálculo para las emisiones proce-

denes de la extracción o el cultivo de materias primas" propuesta en "ISCC 205 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero", avalada por ISCC PLUS, donde se excluye la captura de CO₂ (ISCC System GmbH, 2016, 2018).

H C

(EMProd Fert + EMAQ + EMSem + EMC&L + EMUrea + EMFertN + EMRC)

Rendimiento

Las fuentes de emisión incluidas fueron: i) producción de fertilizantes (EM Prod Fert), ii) producción de agroquímicos (EM AQ), iii) producción de semillas (EM Sem), iv) derivadas de la producción y quema de combustibles y lubricantes en las labores agrícolas (siembra, fertilización, pulverización y cosecha (EM C&L), v) ocurridas en la aplicación de urea (EM Urea), vi) derivadas de la aplicación de fertilizantes nitrogenados (directas e indirectas por deposición atmosférica, EM Fert N) y, vii) originadas por la descomposición de los residuos de cosecha aéreos y subterráneos (directas, EM RC). Las emisiones indirectas por lixiviación sólo aplican para climas húmedos (precipitaciones anuales mayores a 1.000 mm), por lo que no se tomaron en cuenta.

Las emisiones procedentes del consumo de electricidad de la red (EM electricidad), no se tomaron en cuenta, ya que no hubo secado de los granos, y los consumos de energía para el alumbrado de oficinas, talleres o comedores, tienen una participación poco significativa con respecto al volumen de producción que se maneja.

El modelo de cálculo de emisiones es consistente

con el Nivel 1 del “Perfeccionamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra, Capítulo 11: Emisiones de N₂O de los suelos gestionados y emisiones de CO₂ derivadas de la aplicación de cal y urea” para las emisiones derivadas del uso de fertilizantes nitrogenados y las ocasionadas por la descomposición de los residuos de cosecha (aéreos y subterráneos) (IPCC, 2019). Además se complementaron con factores de emisión (FE) consultados en las bases de datos BioGrace versión 4 (BioGrace, 2015) y Ecolnvent versión 3.5 (Ecolnvent, 2020).

Para poder determinar si hay diferencias significativas entre los componentes de la ecuación de GEI y la HC, entre los manejos del cultivo en ambas regiones, se realizó un Análisis de Varianza (ANVA) con un nivel de significancia del 1% y del 5% entre los valores de la RBAN y los de la RNB. Se utilizó un “Diseño Completamente Aleatorizado” (DCA), empleando a las Regiones como tratamientos y a los casos como repeticiones.

Resultados

La HC media de la RBAN fue de 256,1 kg CO₂eq/tn, con un mínimo de 161,5 kg CO₂eq/tn y un máximo de 459,6 kg CO₂eq/tn. A su vez en la RNB, la HC media fue de 279,1 kg CO₂eq/tn, con un mínimo de 200,4 kg CO₂eq/tn y un máximo de 466,6 kg CO₂eq/tn. Es importante remarcar que, a pesar de que los valores máximos de cada región son similares, el valor mínimo de la RBAN es considerablemente menor al de la RNB.

En el ANVA se observó que los conceptos de EM C&L, EM Prod Fert, EM AQ, EM RC, EM Fert N y Rendimiento (Rto) presentaron diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) entre ambos ambientes, siendo las medias de la RNB mayores que las de la RBAN para todos los conceptos, a excepción del de las EM AQ, que fue mayor en la RBAN. También la HC y la Eficiencia GEI, tuvieron diferencias significativas entre ambos ambientes, solamente que éstas fueron menores ($p < 0,05$), teniendo la RBAN una menor HC que la RNB, así como una Eficiencia GEI mayor. Los conceptos de EM Urea y EM Sem, no presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$).

La principal fuente de emisión en la RBAN fueron

las EM Prod Fert (40%), seguida por: EM Fert N (24%), EM Urea y EM RC (11% cada una), EM C&L (7%), EM Sem (4%) y EM AQ (3%). En la RNB se puede observar que la principal fuente de emisión, aunque con un porcentaje menor (36%), fueron también las EM Prod Fert, seguida por: EM Fert N (26%), EM C&L (17%), EM RC (10%), EM Urea (7%), EM Sem (3%) y EM AQ (1%).

Las EM RC son directamente proporcionales a los Rto obtenidos, lo que no las hace objeto de mejora. Aun así, un mayor Rto tiene un efecto positivo en el equilibrio de la formación y la descomposición del humus, ya que la acumulación del mismo depende de la biomasa aérea y subterránea de los residuos de cosecha, siempre y cuando estos permanezcan inalterados en el suelo. De ser así, con Rto elevado se fija más CO₂ en el humus del que es liberado por mineralización (Pfeffer et al., 2020).

La Eficiencia GEI (cantidad de trigo obtenida por unidad de GEI emitida, expresada en unidades "kg de grano de trigo por kg de CO₂eq") en la RNB es menor (3,7 kg/kg CO₂eq) que en la RBAN (4,0 kg/kg CO₂eq), a pesar de tener un rendimiento significativamente mayor (7,7 vs. 5,4 tn/ha).

¹ Las directrices del IPCC establecen tres niveles de análisis para el sector Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. El Nivel 1, el más básico, utiliza valores por defecto suministrados por las directrices del IPCC. No tiene en cuenta las diferentes cubiertas terrestres, tipos de suelo, condiciones climáticas o prácticas de gestión. Tampoco los posibles retardos de las emisiones directas de nitrógeno (N) de los residuos agrícolas, y se asignan estas emisiones al año en el que los residuos se devuelven al suelo. El Nivel 2, que es intermedio, utiliza el mismo enfoque que el Nivel 1 pero utiliza datos específicos de cada región o país. El Nivel 3, el más exigente, complejo y de mayor precisión, utiliza diferentes modelos y sistemas de emisión adaptados a cada circunstancia (Tubiello et al., 2015).

Conclusiones

Existen diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las HC de la producción primaria de trigo de cada región, siendo menor la de la RBAN, que la de la RNB. Sin embargo, el empleo de AQ en la RBAN duplica en unidades de CO₂eq/tn a las utilizadas en RNB, lo que genera un conflicto de intereses y cuestiona su menor impacto ambiental.

En ambas regiones, las EM Prod Fert, seguidas por las EM Fert N y las EM C&L, son los hotspots. A pesar de que las participaciones relativas de los componentes EM Prod Fert y EM Fert N en la HC para ambas regiones fueron similares, son porcentajes demasiado altos. Por lo tanto, el desafío consiste tanto en alcanzar una mayor eficiencia en el uso y

aplicación de las fuentes nitrogenadas, como intentar utilizar fertilizantes con menor potencialidad de emisión.

Hay una clara diferencia en lo que respecta al componente de las EM C&L, siendo mayor en la RNB con respecto a la RBAN, debido a la mayor cantidad de labores. Por este motivo, también en Alemania se está tomando conciencia de reducir la intensidad del laboreo del suelo.

La Eficiencia GEI de la RNB fue menor a la de la RBAN, a pesar de tener un rendimiento significativamente mayor, lo que evidencia la necesidad de poner el foco en la mejora de la eficiencia de los procesos productivos, para así lograr una menor HC.

Referencias bibliográficas

Abbate, P. E., Cardos, M. J., & Campaña, L. E. (2017). El trigo, su difusión, importancia como alimento y consumo. In G. Divito & F. O. García (Eds.), *Manual del Cultivo de Trigo* (1st ed., p. 15). Acassuso: IPNI.

Ahlgren, S., Bernesson, S., Nordberg, A., & Hansson, P. A. (2010). Nitrogen fertiliser production based on biogas. Energy input, environmental impact and land use. *Bioresource Technology*, 101, 7181–7184.

BioGrace. (2015). Biograce I Excel Tool. Version 4d for Compliance. Harmonised Calculations of Bioenergy Greenhouse Gas Emissions in Europe. Retrieved from <https://www.biograce.net/>

EcoInvent. (2020). Database version 3.5. Swiss Centre for Life Cycle Inventories. Retrieved from <https://www.ecoinvent.org/>

Engström, R., Wadeskog, A., & Finnveden, G. (2007). Environmental assessment of Swedish agriculture. *Ecological Economics*, 60, 550–563.

Hazell, P., & Wood, S. (2008). Drivers of change in global agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B. Biological Sciences*, 363, 495–515.

Hillier, J., Hawes, C., Squire, G., Hilton, A., Wale, S., & Smith, P. (2009). The carbon footprints of food crop production. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 7, 107–118. IPCC. (2019). Chapter 11: N₂O Emissions from Managed Soils, and CO₂ Emissions from Lime and Urea Application. In 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. (pp. 1–48). ISCC System GmbH. ISCC 205 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero. , (2016). Madrid. ISCC System GmbH. ISCC PLUS., (2018).

Lottici, M. V. (2012). La huella de carbono y su impacto potencial sobre las exportaciones argentinas (1º, Vol. 14; D. Berrettoni, C. Galperín, & J. Lucángeli, Eds.). Buenos Aires: Centro de Economía Internacional.

Ourworldindata.org. (2020). Emisiones globales de gases de efecto invernadero por sector. Retrieved May 23, 2022, from <https://ourworldindata.org/>

Pfeffer, P., Seyfert, C., Inzenhofer, A., & Schönberger, H. (2020). Landwirtschaft : CO₂-Sünder oder Retter? *Top Agrar*, 62–67.

Pretty, J., & Hine, R. (2001). *Reducing Food Poverty with Sustainable Agriculture: A Summary of New Evidence*. University of Essex.

Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., & Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418, 671–677.

Tubiello, F. N., Córdor-Golec, R. D., Salvatore, M., Piersante, A., Federici, S., Ferrara, A., ... Prospero, P. (2015). Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura. In Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i4260s.PDF>

UN. (2015). Key findings and advance tables. In *World Population Prospects: The 2015 Revision*. New York: United Nations.

Wegner, J., & Theuvsen, L. (2010). *Recommendations for the Reduction of Nitrogen Associated Greenhouse Gas Emissions in Agriculture*. Berlin: WWF Deutschland.

ANÁLISIS DE LOS RIESGOS DE TRANSICIÓN, OPCIONES DE MITIGACIÓN Y LA TRANSICIÓN A PROTEÍNAS ALTERNATIVAS EN EL CONTEXTO DEL SECTOR AGRÍCOLA ARGENTINO

SOFIA GONZALES-ZUÑIGA ;MATS MARQUARDT ;SANTIAGO WOOLLANDS ;FRAUKE RÖSER

¹NewClimate Institute

s.gonzales@newclimate.org

Resumen

El modelo agroexportador de Argentina es la columna vertebral de su economía, pero los objetivos de crecimiento del sector son difíciles de conciliar con la ambición climática declarada por el país. Este análisis evalúa los riesgos de transición; opciones de mitigación de emisiones; y transición a proteínas alternativas en el contexto argentino. Los riesgos de transición se evaluaron combinando la encuesta de percepción de riesgos con la modelación de un impuesto al carbono por parte de la Unión Europea utilizando la herramienta CLIMTRADE. El potencial de reducción de emisiones de las opciones de mitigación fue calculado usando una extensión de la herramienta PROSPECTS+. La evaluación de la transición a proteínas alternativas fue basada en revisión bibliográfica de fuentes nacionales e internacionales en el tema.

Los stakeholders reconocen los riesgos de transi-

ción asociados a una acción climática más ambiciosa y al cambio de preferencias de los consumidores en otros países, especialmente en la Unión Europea y el ejercicio de modelado sugiere que Argentina incurriría en importantes pérdidas económicas en términos de ingresos no percibidos incluso con niveles moderados de impuestos al carbono. La implementación de medidas de mitigación convencionales no es suficiente para alinear la ruta de emisiones del sector con la que debería tener en 2030 para alcanzar el objetivo de neutralidad climática en 2050. Al considerar otras medidas de mitigación que exploren transformaciones más fundamentales en el sector, como la transición proteica, Argentina podría fortalecer su posición para alcanzar sus compromisos climáticos internacionales.

Palabras clave: cambio climático, riesgos de transición, mitigación, proteínas alternativas

Abstract

Argentina's agro-export model is the backbone of its economy, but the sector's growth objectives are difficult to reconcile with the country's stated climate ambition. This analysis assesses transition risks; emissions mitigation options; and the transition to alternative proteins in the Argentinean context. Transition risks were assessed by combining the risk perception survey with the modelling of a carbon tax by the European Union using the CLIMTRADE tool. The emission reduction potential of the mitigation options was calculated using an extension of the PROSPECTS+ tool. The assessment of the transition to alternative proteins was based on a literature review of national and international sources on the subject.

Stakeholders recognise the transition risks associated with more ambitious climate action and chan-

ging consumer preferences in other countries, especially in the European Union, and the modelling exercise suggests that Argentina would incur significant economic losses in terms of revenue foregone even with moderate levels of carbon taxes. The implementation of conventional mitigation measures is not sufficient to align the sector's emissions pathway with the one it should have in 2030 to reach the goal of climate neutrality by 2050. By considering other mitigation measures that explore more fundamental transformations in the sector, such as the protein transition, Argentina could strengthen its position to meet its international climate commitments.

Keywords: climate change, transition risks, mitigation, alternative proteins

¹ The content presented in this paper is part of the Ambition to Action Phase II project funded by the International Climate Initiative (IKI) of the German Federal Ministry for Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety.

Introducción

El sector agrícola argentino desempeña un papel fundamental para la economía del país y su trayectoria de desarrollo. Al mismo tiempo, Argentina es uno de los productores y exportadores más importantes de productos agrícolas a nivel mundial. Entre sus principales productos de exportación están la soja y sus derivados, carne de vacuno, cereales y productos. Sin embargo, el sector Agricultura, Ganadería, Forestación y otros Usos del Suelo (AFOLU, por sus siglas en inglés), no sólo tiene relevancia económica para el país, sino que también representa 37% de sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (Moreira Muzio, 2019). Este estudio se enfoca en el análisis de tres aspectos relevantes en el contexto de la transición a la sostenibilidad y la neutralidad climática del sector agrícola nacional. Estos son: los riesgos de transición para el sector agrícola argentino; las oportunidades y opciones de mitigación de emisiones del sector agrícola argentino; y la transición a proteínas alternativas en el contexto argentino.

Riesgos de transición

Dada la intensidad de GEI del sector agrícola y la de sus principales productos, es probable que el sector enfrente importantes riesgos de transición en el

futuro. En general, políticas medioambientales más estrictas, así como cambios en las preferencias de los consumidores podrían afectar el modelo agroexportador de Argentina.

Opciones de mitigación de emisiones

En 2018, el sector AFOLU representó alrededor de 135 MtCO₂e (Moreira Muzio, 2019). A la vez, la NDC de Argentina busca limitar el total de emisiones netas de GEI a 349 MtCO₂e en 2030 y alcanzar la neutralidad climática en 2050 (Government of Argentina, 2021). Para mantener su estatus de proveedor mundial de commodities agropecuarios y, al mismo tiempo, cumplir con sus compromisos climáticos, el sector agropecuario argentino debe implementar medidas de mitigación de emisiones.

Transición a proteínas alternativas

Es posible que el sector agrícola de Argentina tenga que experimentar una transformación más profunda. A nivel mundial, se espera que los sistemas alimentarios se alejen cada vez más de la dependencia predominante de la proteína de origen animal hacia alternativas más sostenibles. Los países, y especialmente los grandes productores ganaderos como Argentina, tendrán que adaptarse a esta transición global de las proteínas.

Metodología

A continuación se detalla la metodología utilizada para cada componente del análisis.

Riesgos de transición

Se emplea un enfoque metodológico mixto que combina los resultados de una encuesta sobre la percepción de los riesgos de transición de parte de los stakeholders agropecuarios; y un análisis exploratorio ex-ante de los posibles impactos económicos para Argentina asociados a estos riesgos de transición, modelando la introducción de un impuesto al carbono en frontera (ICF) por parte de la Unión Europea.

Para la modelación se utilizó la herramienta CLIM-TRADE que modela ajustes de precios y cambios en los flujos comerciales resultantes de la introducción de impuestos al carbono. Se modelaron las relaciones comerciales entre 24 países más un agregado del resto del mundo. Los países modelados representan los mayores importadores de commodities agropecuarios argentinos. Se consideraron cinco commodities: derivados de la soja, maíz, trigo, carne bovina y productos lácteos; y cuatro escenarios de precio al carbono (USD 25, USD 50, USD 75 y USD 100 por tonelada de CO₂eq).

Opciones de mitigación de emisiones

Se evaluaron ocho potenciales medidas de mitigación convencionales en el sector agropecuario argentino. Las ocho medidas de mitigación se

priorizaron a partir de una lista más larga de opciones, teniendo en cuenta la bibliografía disponible para los cálculos, la percepción de viabilidad de implementación, relevancia en el contexto nacional y potenciales co-beneficios.

Para cuantificar el potencial de reducción de emisiones de GEI de cada medida, desarrollamos una extensión de la herramienta PROSPECTS+ para representar mejor el sector agropecuario. Se utilizaron datos sobre actividad e intensidad de emisiones de la ganadería, cultivos, y cambio de uso de la tierra para estimar las emisiones en un escenario de referencia. Los cambios en la actividad o en la intensidad de las emisiones como resultado de las medidas de mitigación se basan en revisión de bibliografía nacional e internacional.

Transición a proteínas alternativas

El análisis está basado en la revisión bibliográfica de fuentes nacionales e internacionales en el campo de la transición de proteínas de origen animal a proteínas alternativas de origen vegetal. Se analiza el panorama de la demanda de carne en la próxima década y se presenta la situación comercial de productos de proteínas alternativas, mostrando diferentes opciones y tendencias en los mercados mundia

les y regionales, así como las oportunidades emergentes en el contexto nacional.

Resultados

A continuación se presentan los resultados para cada uno de los componentes de este análisis.

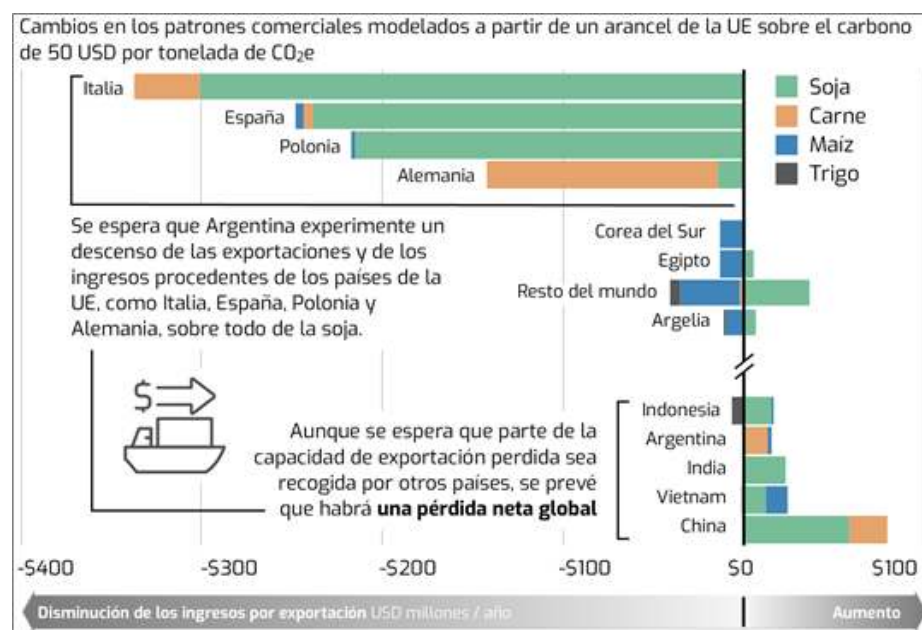
Riesgos de transición

Los resultados de la encuesta indican que, en general, los stakeholders no esperan compromisos climáticos más estrictos en los mercados nacionales, pero reconocen los riesgos de transición asociados a una acción climática más ambiciosa y al cambio de preferencias de los consumidores en otros países, especialmente en la Unión Europea (UE).

Los resultados del modelado de la introducción de un impuesto al carbono en frontera (ICF) muestran que un impuesto al carbono de parte de la UE con total cobertura de las importaciones de commodi-

ties agropecuarios tendría efectos perjudiciales en los flujos de comercio global, disminuyendo significativamente la competitividad de las exportaciones de productores clave de Argentina hacia la Unión Europea. Los resultados sugieren que Argentina incurriría en importantes pérdidas económicas en términos de ingresos no percibidos incluso con niveles moderados de impuestos al carbono. Ello se debe a una marcada disminución de la demanda de la UE de derivados de soja y carne bovina, así como al descenso en los precios de los commodities.

Figura 1. Impacto de un impuesto al carbono de parte de la UE en los flujos comerciales agrícolas argentinos.



² CLIMTRADE combina el modelado de equilibrio parcial de la dinámica comercial y el análisis input-output para la estimación de impactos económicos nacionales.

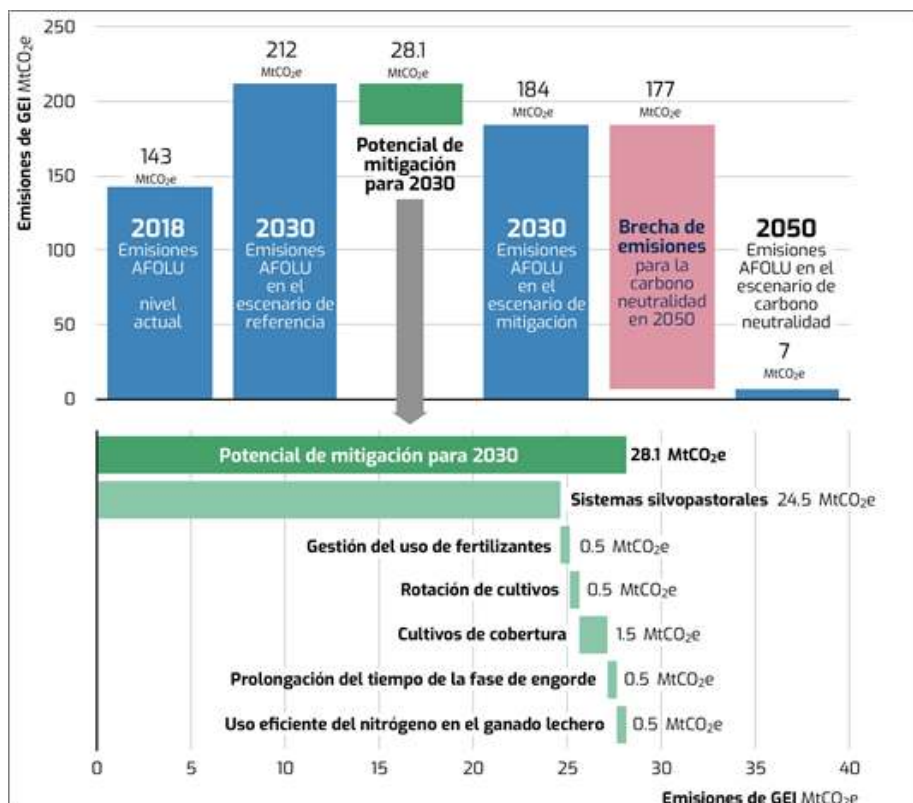
³ PROSPECTS+ es una herramienta Excel con enfoque "bottom-up" que calcula una serie cronológica completa de las emisiones de GEI para el sector agropecuario argentino desde 1990 hasta 2050.

Opciones de mitigación de emisiones

Se estima que la aplicación de las principales medidas de mitigación podría reducir las emisiones hasta un 14% en 2030 (~30 MtCO₂e) en comparación con un escenario de referencia. Más del 80% de la reducción de emisiones está directamente relacionada con la detención de la deforestación para la expansión de pasturas. Sin embargo, incluso

con una aplicación exitosa de las medidas evaluadas en este informe, la trayectoria de las emisiones del sector está desalineada con respecto a donde debería estar en 2030 para alcanzar la neutralidad climática en el año 2050.

Figura 2. Potencial de mitigación y brecha de emisiones en el sector AFOLU en Argentina.



Transición a proteínas alternativas

La literatura en este campo prevé que, a nivel mundial, la tasa de crecimiento del consumo per cápita de los principales productos cárnicos disminuirá hacia el año 2030 y que esta tendencia se acentuará con el paso del tiempo, a medida que disminuyan las barreras a la transición hacia proteínas alternativas (OECD-FAO, 2021). Aunque la dinámica de los cambios en las preferencias de los consumidores puede no suponer una amenaza directa para los productores y exportadores de proteínas de origen animal en el corto plazo, la aparición de alternativas casi indistinguibles con claras ventajas en términos de costos, salud y huella de carbono impactará inevitablemente la demanda

de proteínas de origen animal en el tiempo (Ellis, 2021).

Esta transición proteica puede también representar importantes oportunidades de inversión en Argentina. Las proteínas alternativas están ganando terreno y podrían representar entre el 11% y el 22% del consumo mundial en 2035 (Witte et al., 2021). Los productores argentinos podrían ponerse a la vanguardia de la transición proteica, abordando los desafíos tecnológicos a lo largo de las cadenas de valor de las proteínas vegetales y cultivadas, así como utilizando la capacidad industrial y el capital existentes para alcanzar la escala de producción comercial.

Conclusiones

La necesaria descarbonización de los flujos comerciales mundiales puede representar un riesgo de transición para la economía argentina. A su vez, tomar medidas tempranas para reducir la intensidad de GEI de los sistemas de producción agrícola podría representar una importante ventaja competitiva para el sector. Es probable que la presión para que el sector se descarbonice crezca cada vez más, a medida que entren en juego los riesgos de transición exógenos, como los cambios en las preferencias de los consumidores. La implementación de medidas de mitigación convencionales no es suficiente para alinear la ruta de emisiones del sector con la que debería tener en 2030 para alcanzar el objetivo de neutralidad climática en 2050. Al

considerar otras medidas de mitigación que exploren transformaciones más fundamentales en el sector, Argentina podría fortalecer su posición para alcanzar sus compromisos climáticos internacionales.

A la vez, la transición proteica mundial es inevitable y ya se ha puesto en marcha, pero Argentina aún está a tiempo de subirse a la ola de la transformación. El promover el desarrollo de una sólida industria nacional de proteínas alternativas llevaría a la diversificación de exportaciones y reduciría los riesgos de la transición, las externalidades negativas de los sistemas convencionales de producción de proteínas, e impulsaría la creación de valor y empleo a nivel nacional.

Referencias bibliográficas

Ellis, J. (2021, June 9). Brief: Cargill CEO MacLennan says plant-based will 'cannibalize' its protein business. AFN. <https://agfundernews.com/cargill-ceo-maclennan-says-company-expects-plant-based-to-cannibalize>

Government of Argentina. (2021). Segunda actualización de la meta de emisiones netas de Argentina al 2030 - Octubre 2021. [https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Argentina Second/Actualización meta de emisiones 2030.pdf](https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Argentina%20Second/Actualización%20meta%20de%20emisiones%202030.pdf)

Moreira Muzio, M. (2019). Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/inventario_de_gei_de_2019_de_la_republica_argentina.pdf

OECD-FAO. (2021). Agricultural Outlook 2021-2030. In Organisation for Economic Co-operation and Development - Food Agriculture Organization of the United Nations (OECD-FAO Agricultural Outlook). OECD. <https://doi.org/10.1787/19428846-EN>

Witte, B., Obloj, P., Koktenturk, S., Morach, B., Birgl, M., Rogg, J., Schulze, U., Walker, D., Von Koeller, E., Dehnert, N., & Grosse-Holz, F. (2021). Food for Thought: The Protein Transformation. BCG. <https://web-assets.bcg.com/a0/28/4295860343c6a2a5b9f4e3436114/bcg-food-for-thought-the-protein-transformation-mar-2021.pdf>

ANÁLISIS DE RENTABILIDAD EN LA ACTIVIDAD HORTÍCOLA A PARTIR DEL SIGCHA: ESTUDIO DE CASO DE UNA CHACRA AGROECOLÓGICA EN LA COMARCA ANDINA DEL PARALELO 42

PROPEDO MARTINA ;GONILSKI MARTÍN

¹ Instituto de Investigaciones en Recursos Naturales, Agroecología y Desarrollo Rural (IRNAD-UNR/CONICET)

² Centro de Estudios para la Planificación del Desarrollo (FCE-UBA)

martinapropedo@gmail.com

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo la realización de un análisis económico prospectivo de la temporada productiva 2022-2023 en Rizoma, chacra agroecológica ubicada en El Bolsón (Río Negro, Patagonia argentina). El estudio de caso se llevó a cabo a través de la utilización del software SIGCHA (Simulador de Impacto Ganancial para la Chacra Hortícola), herramienta de análisis y simulación económica adaptada especialmente a la horticultura. El análisis se nutrió tanto de la información brindada por los trabajadores de Rizoma respecto a su planificación predial para la temporada en cuestión como de información tomada (y en algunos casos, estimada) de los mercados regionales donde se comercializa la producción. A partir de estos insumos, construimos con la ayuda del SIGCHA la crono-estructura de rotación de capital de un "escenario económico base". En función de este primer resultado, se realizaron simulaciones de

tres escenarios hipotéticos, con variaciones de variables tanto técnicas como financieras, para evaluar su impacto en la acumulación económica de la chacra. Los distintos escenarios modelizados se compararon en función de los indicadores que proporciona el modelo. Los resultados obtenidos muestran que: a) la unidad de gestión mejoró su rentabilidad en parte gracias a la estrategia de diversificación productiva; b) la aparición de una plaga en las coles podría menguar alrededor del 20 pp. de la rentabilidad total c) la implementación de un modelo de comercialización del estilo "Community Supported Agriculture" resultaría altamente beneficioso, gracias a la reducción del capital comprometido.

Palabras clave: Agroecología, Rentabilidad, Simulación.

Abstract

The present work aims to carry out a prospective economic analysis of the 2022-2023 productive season at Rizoma, an agroecological farm located in El Bolsón (Río Negro, Argentine Patagonia). The case study was carried out through the use of SIGCHA software (Profit Impact Simulator for the Horticultural Farm), an analysis and simulation tool specially adapted to horticulture. The analysis was fed both by information provided by Rizoma workers regarding their land planning for the

season in question and by information taken (and in some cases estimated) from the regional markets where the production is sold. With the help of SIGCHA, we built the capital rotation chrono-structure of a "base economic scenario" based on these inputs. Based on this first result, three hypothetical scenarios were simulated with variations of both technical and financial variables to evaluate their impact on the farm's economic accumulation.

Abstract

The different modeled scenarios were compared based on the indicators provided by the model. The results obtained show that: a) the management unit improved its profitability partly due to the diversification strategy; b) the appearance of a plague in the cabbages could decrease around 20%

of the total profitability; c) the implementation of a "Community Supported Agriculture" marketing model would be highly advantageous, thanks to the reduction of committed capital.

Keywords: Agroecology, Profitability, Simulation.

Introducción y problema

Chacra Rizoma se encuentra emplazada en una zona de clima frío (temperatura media anual de 9,8 °C) y niveles importantes de lluvias (un promedio de 900 milímetros anuales). La altitud relativa y la posición de los valles generan condiciones climáticas favorables y especialmente aptas para la producción agropecuaria (IICA, 2013). Si bien las condiciones climáticas permiten producir todo el año, el ciclo productivo presenta una gran estacionalidad. Comenzando la temporada en Junio, presenta un pico entre los meses de diciembre a marzo para nuevamente decaer en Abril/Mayo. Fundada en 2017, la chacra ha sido gestionada desde sus comienzos por un grupo de jóvenes agricultores, compuesto actualmente de 7 personas. Se trata de un predio de 3ha de dimensión, dentro del cual 1ha está destinada a la producción hortícola. El grupo busca producir de una manera que sea ecológicamente sustentable, enmarcando su sistema productivo en la Agroecología. Tanto el Bolsón como Bariloche son los principales centros de venta. El proyecto apunta a que el total de las personas involucradas en él pueda sostenerse económicamente de los ingresos generados.

De lo anterior deriva la relevancia de estudios que permitan comprender y planificar la viabilidad y sostenibilidad de proyectos productivos de este tipo a lo largo del tiempo, uno de cuyos determinantes, aunque no el único, es su capacidad de acumulación de capital (Guida Daza, 2009; Aumasanne et al, 2014). La producción hortícola que se desarrolla en Rizoma es biodiversificada (como suele suceder en el caso de proyectos agroecológicos) y, por ende, presenta una gran variedad en términos de tiempos de siembra-cosecha de los cultivos, así como una marcada estacionalidad. Estas características le imprimen complejidad a la estructura temporal de los ingresos y egresos del negocio. Sin embargo, no sólo son escasos los estudios que analizan la tasa de ganancia de unidades productivas hortícolas, sino que, en general, los análisis no se apoyan en modelos que permitan captar la importancia de dicha temporalidad en la rentabilidad de conjunto del negocio hortícola. Este déficit limita la capacidad de generar diagnósticos precisos sobre el resultado económico de proyectos como el de Rizoma, y dificulta la posibilidad de impulsarlos por parte de organismos estatales encargados de su promoción y desarrollo.

Metodología

Por este motivo se optó por realizar este estudio de caso con el Simulador de Impacto Ganancial para la Chacra Hortícola (SIGCHA), una herramienta de planificación y simulación económica desarrollada por la Cooperativa de Trabajo Coceplad, que permite presentar la información económica de cualquier unidad de gestión hortícola de forma conjunta y transparente, con el fin de poder evaluar distintos escenarios posibles en función del impacto económico de modificaciones en las variables tanto técnicas como financieras que más afectan a la actividad. El SIGCHA está basado en un modelo de rotación de capital desarrollado por el Dr. Pablo Levín y su equipo de investigación en las últimas décadas (Levín y Kicillof, 1999; Benchimol y Romero, 2007; Bonelli, 2015; Propedo, 2019). A diferencia de los indicadores tradicionales de cálculo de rentabilidad, como es el caso de Márgenes Brutos (MB), dicho modelo determina la estructura temporal de ingresos y egresos de la actividad económica ("crono-estructura") y distingue el

capital comprometido (aquella parte de las erogaciones totales que no fue financiada con ingresos de la propia actividad durante el período de análisis) del capital erogado (las erogaciones totales del período sin tener en cuenta su fuente de financiamiento). El capital comprometido constituye en este modelo el denominador de la tasa de ganancia, a diferencia de los cálculos tradicionales de rentabilidad, donde lo es el capital erogado total. Uno de los importantes beneficios que conlleva este enfoque de medición de la rentabilidad es la posibilidad de realizar simulaciones sobre el total de variables técnicas y financieras que afectan a la actividad, y medir con precisión el impacto de dichos cambios sobre la rotación de capital de la cronoestructura. Los mismos quedan cuantificados de manera precisa en la variación de las variables dependientes del modelo (tasa de ganancia, capital comprometido y velocidad de rotación del capital).

Escenario Base

Para realizar este estudio de caso se construyó primero un "Escenario Económico Base" (EEB), a partir del cual se evaluaron tres escenarios hipotéticos (Simulaciones). Para la construcción del EEB, y teniendo en cuenta la estructura y lógica de funcionamiento del SIGCHA, se determinaron los siguientes grupos de variables:

i. Información técnica de cultivos. La información técnica de los cultivos producidos en Rizoma (rendimientos por metro cuadrado, tiempos de maduración, entre otros) se recopiló principalmente durante las actividades de co-investigación realizadas en el marco del proyecto de investigación "Explorando rutas de transición hacia el manejo agroecológico en la Región Andina del Paralelo 42" entre marzo de 2019 y marzo de 2020.

ii. Calendarios de siembra y cosecha (Gráfico 1). Se utilizó el calendario planificado por el grupo para la

temporada 2022-2023. El predio es dividido por el grupo en tres sectores: "RI", "ZO", "MA". Dentro de dicha planificación hay bancales intercalados que aparecen vacíos ya que no se encuentran bajo producción comercial.

iii. Trabajadores. El grupo está conformado por 7 personas que trabajan de manera regular en la chacra, las cuales acuerdan retiros en concepto de salarios de \$60.000/mes.

iv. Costos directos vinculados a la compra de semillas. En función del calendario de cultivos y la información técnica de cada uno, se calculó la cantidad de semillas necesarias. Tanto en el EEB como en las simulaciones realizadas se modelizó su compra de conjunto el 1 de Junio de 2022, suponiendo que para el grupo resulta importante asegurarse la disponibilidad de este insumo clave a lo largo de toda la temporada.

Escenario Base

v. Costos indirectos. Para modelizar el resto de los egresos no asociados a la compra semillas, utilizamos información registrada por el grupo para la temporada 2021-2022, indexados en función del dato de inflación anual entre dicha temporada y la 2022-2023. Cabe aclarar que dejamos afuera del análisis los egresos en concepto de inversiones de capital fijo. Esta decisión se fundamenta principalmente en recorte temporal de corto plazo de este análisis (1 año) y en el supuesto de que la chacra se encuentra en un período de relativa madurez productiva, habiendo realizadas todas las inversiones en capital fijo en un período anterior al estudiado.

vi. Precios de cultivos y semillas. Se tomó como matriz de precios los establecidos por el grupo para la primera parte de la temporada 2022-2023. En el caso de las semillas, se utilizó la lista de precios de

uno de los proveedores a los que el grupo compra habitualmente.

Los ingresos del EEB se estiman en el SIGCHA a partir de la conjunción de las variables contenidas en los grupos i, ii y vi. Una vez determinado el calendario de cultivos en terreno y el rendimiento x mt² de cada uno, en el SIGCHA calcula las cantidades disponibles de producto para la venta a lo largo de la temporada. Luego, al asociar a este resultado los precios esperados para cada cultivo se obtienen los ingresos totales para cada momento del tiempo. Lo propio ocurre con los egresos temporalizados que el modelo estima en función de los grupos de variables iii, iv, v, vi. De este modo se obtienen las variables dependientes del EEB (la dinámica completa de esta crono-estructura puede apreciarse en el Gráfico 2).

Simulaciones

Las simulaciones económicas realizadas sobre el EEB fueron las siguientes:

a. Comparación con un calendario de cultivos ejecutado durante una temporada anterior. La característica del mismo es la menor diversidad de cultivos. (Ver gráfico 3).

b. El caso de aparición de una plaga sobre los cultivos de coles (coles-repollo, kale, brócoli,

coliflor) que hiciera caer el rendimiento de dichos cultivos en un 70%.

c. La implementación de un programa de compra adelantada por parte de los consumidores del 25% del total de lo producido (programa CSA -Community Supported Agriculture-) (Ostrom, 2007). En la simulación se computó este ingreso adelantado para el mes de septiembre (en 3 partes). (Ver gráfico 5).

Principales resultados

Los principales resultados del estudio pueden condensarse del siguiente modo:

■ El EEB arroja una tasa de ganancia positiva de 128% sobre un capital comprometido de \$3.370.806. Esto demuestra la etapa de maduración y estabilidad económica del proyecto.

■ La simulación a) no sólo refuerza el punto anterior, sino que pone de relieve la importancia de la diversificación productiva en términos de resultados económicos (amén de los ecológicos). La tasa de ganancia estimada para este calendario menos diverso es de 14%, contundentemente menor que la del EEB. El capital comprometido es de \$3.973.042. (Gráfico 4)

Principales resultados

Finalmente, la simulación c) muestra la importante mejora en la rentabilidad que implicaría lograr llevar adelante el modelo CSA, dado que, si bien la sumatoria de ingresos y egresos para el

período no se vería modificada, reduciría notablemente el capital comprometido (\$2.537.146), arrojando una tasa de ganancia del 170% (Gráfico 6).

Gráfico 1. Calendarios del EEB



Gráfico 2. Crono-estructura del EEB



Gráfico 3. Calendarios de la Simulación A

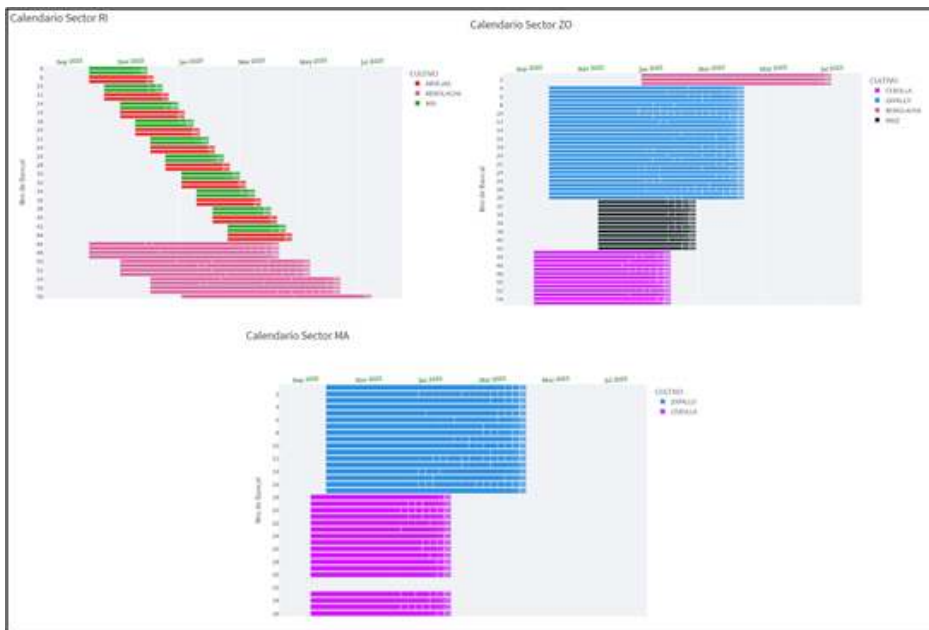


Gráfico 4. Crono-estructura de la Simulación A



Gráfico 5. Crono-estructura de la Simulación B



Gráfico 6. Crono-estructura de la Simulación C



Referencias bibliográficas

Aumassanne, C., Beneítez, A, Bertella, M.E., Colotti, N., Greco, L., Ferro, S., Fontanella, D., Muguero, A., Ovando, N., Pechín, C., Skara L. (2014). "Márgenes brutos de los principales productos agropecuarios de la provincia de La Pampa". Boletín económico del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

Benchimol, P y Romero, V. (2007). "Análisis de cronoestructuras de capital. Aplicación a la producción porcina." Recuperado de <https://www.economicas.uba.ar/wp-content/uploads/2015/11/An%C3%A1lisis-de-cronoestructuras-de-capital.-Aplicaci%C3%B3n-a-la-producci%C3%B3n-porcina.pdf>

Bonelli, M. F. (2015). "Análisis económico para diferentes tipos de trigo pan en Balcarce." Jornada Ecofisiología y Economía de sistemas productivos basados en trigo". Recuperado de <http://www.economicas.uba.ar/wp-content/uploads/2015/11/An%C3%A1lisis-econ%C3%B3mico-para-diferentes-niveles-tecnol%C3%B3gicos-de-trigo-pan-en-Balcarce-2015.pdf>

Ghida Daza, C. y otros (2009). "Indicadores económicos para la gestión de empresas agropecuarias. Bases metodológicas". Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Buenos Aires.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2013). "Activación Territorial con Enfoque de Sistemas Agroalimentarios Localizados (AT-SIAL): La Comarca Andina del Paralelo 42°, Argentina". Recuperado de <http://repiica.iica.int/docs/B3354e/B3354e.pdf>

Levín, P. y Kicillof, A. (1999). "Fundamentos del modelo de rotación del capital. El Simulador de Impacto Ganancial". Recuperado de <http://www.economicas.uba.ar/wp-content/uploads/2015/11/Fundamentos-del-modelo-de-rotaci%C3%B3n-del-capital.pdf>.

Ostrom, M. (2007). "Community Supported Agriculture as an Agent of Change: Is it Working?" Ed. Remaking the North American Food System, Clare Hinrichs and Tom Lyson . University of Nebraska Press, pp 99-120

Propedo, M. (2019). "Rentabilidad de la producción agrícola orgánica de pequeña escala. Un estudio experimental a partir del Simulador de Impacto Ganancial." Memorias VII Congreso Latinoamericano de Agroecología. Ed. SOCLA.





3

BLOQUE

Impactos de la variabilidad climática en la producción agropecuaria

VARIABILIDAD, TENDENCIA Y EVENTOS EXTREMOS EN LOS RENDIMIENTOS AGRÍCOLAS A NIVEL DEPARTAMENTAL EN LA PROVINCIA DE CÓRDOBA

NOELIA BARBERIS¹ ; NATALIA GATTINONI² ; SILVINA CABRINI^{3,4}

¹ Instituto de Clima y Agua, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

² EEA Manfredi, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

³ EEA Pergamino, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

⁴ Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires

barberis.noelia@inta.gob.ar

Resumen

Argentina tiene una fuerte dependencia del sector agroexportador y Córdoba se encuentra entre las principales provincias productoras del país; ubicada en el centro del país, con una región agrícola localizada en el sur, este y centro. La producción provincial de cereales, oleaginosas y cultivos industriales representó en promedio en las últimas 5 campañas (2017/18-2021/22) el 27% del total nacional; Córdoba se ubicó como principal productora nacional de maní (85%) y maíz (34%); en un segundo lugar en soja (28%) y trigo (17%). El Valor Bruto de la Producción de los principales cereales y oleaginosas en la provincia estuvo en promedio en 7.000 millones de dólares en las últimas 10 campañas (2011/12-2021/22). En este trabajo se plantea como objetivo analizar la tendencia y ocurrencia de valores extremos en los rendimientos de soja, maíz, maní y trigo. Se encontró que, las frecuencias de valores extremos se relacionan con las fases El Niño

y La Niña del fenómeno ENSO (El Niño-Oscilación del Sur) de cada campaña. Se halló una relación significativa entre las frecuencias de valores extremos de rendimientos y las fases del ENSO, siendo esta relación más importante en los cultivos de verano, donde los rendimientos más bajos se dan en general en años clasificados como La Niña, mientras que mayoría de rendimientos altos se dan en aquellas campañas clasificadas como El Niño. En el caso del maní, la tendencia no es tan clara y requiere de un análisis más detallado. Por otro lado, en trigo, la relación resultó inversa, un mayor porcentaje de los rendimientos bajos se registraron en años El Niño, mientras que los altos en años La Niña.

Palabras claves: ENSO, rendimientos, Córdoba, cultivos extensivos

Abstract

Argentina has a strong dependence on the agro-export sector and among its main producing provinces is Córdoba; located in the center of the Argentine Republic, with an agricultural region located in the south, east and center. The provincial production of cereals, oilseeds and industrial crops represented on average in the last 5 campaigns (2017/18-2021/22) 27% of the national total; Córdoba ranked as the main national producer of peanuts (85%) and corn (34%); in second place in soybeans (28%) and wheat (17%). The Gross Value of Production of the main cereals and oilseeds in the province averaged 7,000 million dollars in the last 10 campaigns (2011/12-2021/22). The objective of this work is to analyze the trend and occurrence of extreme values in soybean, corn, peanut and

wheat yields. The frequencies of extreme values are related to the phases of the ENSO phenomenon (El Niño-Southern Oscillation) observed for each campaign. A significant relationship is found between the frequencies of extreme yield values and the ENSO phases, this relationship being more important in summer crops, where the lowest yields generally occur in years classified as La Niña, while the majority of yields high occur in those campaigns classified as Niño. In the case of peanuts, the trend is not so clear and requires a more detailed analysis. On the other hand, in wheat, the relationship is inverse, low yields occur in El Niño years, while high ones in La Niña years.

Keywords: ENSO, yields, Córdoba, extensive crops.

Introducción

El cambio climático está generando variaciones en los regímenes de lluvia, provocando precipitaciones extremas, inundaciones pluviales y fluviales, deslizamientos de tierra, sequía, mayor aridez y escasez de agua con amplios impactos indirectos en las personas, economías y ecosistemas. Esto tendrá importantes efectos en el corto plazo en la producción agrícola, en las áreas de producción de alimentos y cultivos no alimentarios, lo que afectará especialmente a economías en desarrollo con fuerte dependencia del sector agropecuario como principal exportador y generador de divisas (Thomasz, 2017).

Dentro de este contexto de cambio climático, los resultados productivos de una campaña en Argentina, pueden estar condicionados por la variabilidad climática presente en cada año. En este sentido, el principal fenómeno de escala global con impacto en los patrones de lluvias y temperaturas es el fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENSO), el

cuál presente una fase cálida: El Niño, una fase fría: La Niña y una Neutral. Cabrini et al. (2021, 2022) encontraron que los rendimientos de maíz y soja, clasificados como extremadamente bajos o muy bajos tienen mayor posibilidad de ocurrir en años La Niña, asociado con periodos de déficit de precipitaciones en momentos de definición de rendimientos o a lo largo de la campaña.

Argentina tiene una economía con una fuerte dependencia del sector agroexportador. Analizando el contexto económico se observa que la participación del sector Agricultura, Ganadería, Caza y Silvicultura en el PBI nacional es del 8%; mientras que la participación en las exportaciones totales de los complejos oleaginosos (soja, girasol, maní, biodiesel y otros) y cerealeros (maicero, trigo, arroz y otros) llega al 45% (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2018).

La provincia de Córdoba se encuentra ubicada en el centro de la República Argentina, presentando variedad de relieves y climas, ubicándose la región agrícola principalmente en el sur, este y centro de la provincia, donde predomina la producción agrícola y ganadera en secano. Córdoba cuenta con suelos de diferentes aptitudes productivas o capacidades de uso. Alrededor de 8,3 millones de hectáreas (50% del total) corresponden a suelos tipo I, II, III y IV, es decir, aptos para la agricultura; el 39% cuenta con aptitud variable para la ganadería (suelos tipo VI y VII) y el 11% restante lo ocupan pueblos, ciudades y lagunas, entre otros (Ghida Daza et al, 2009). De las actividades relacionadas con el Sistema Agropecuario, la producción primaria es la que cuenta con una mayor cantidad de actores y, por ende, la menor concentración productiva. De acuerdo a información preliminar del CNA 2018 la provincia disponía de 21.022 explotaciones agropecuarias (EAPs), que generaban en forma directa un empleo estimado en 40,84 mil puestos de trabajo. Esto implica que, en la última década, ha caído el número de EAPs en un 22,4% y el empleo directo rural en 34,6%, respecto a los datos del CNA 2008 (INDEC, CNA 2008-2018). La producción provincial de cereales, oleaginosas y cultivos industriales representó en la campaña 2018/19 el 27% del total nacional (39,1 millones de t), actividades desarrolladas principalmente en los departamentos del centro, este y sur de Córdoba, donde los suelos exhiben mayor aptitud para actividades agropecuarias y con mayor especialización relativa en cultivos extensivos. La Provincia se ubicó como principal productora de maní (87%) y maíz (33%);

en un segundo lugar en soja (28%) y trigo (17%), en quinta posición para sorgo (14%) y en sexto lugar en girasol (2%). En otros cultivos, como cebada, avena y mijo; la participación de Córdoba en la matriz nacional es pequeña, llegando como máximo en algunos casos al 6% (Secretaría de Agricultura, 2022). El Valor Bruto de la Producción (VBP) de los principales cereales y oleaginosas (soja, maíz, trigo, sorgo, girasol, maní y garbanzo) en la provincia de Córdoba, en el período que abarca las campañas 2011/12-2021/22, estuvo en un promedio de 7.000 millones de dólares, considerando producción y precios anuales. El cultivo con mayor participación en el VBP fue la soja (50%), le siguen maíz (33%), trigo (9%) y maní (6%), mientras que las participaciones de sorgo, girasol y garbanzo fueron marginales.

Dentro de este contexto analizar cómo afecta la variabilidad climática y los eventos extremos climáticos, como sequías o precipitaciones extremas, a la producción agropecuaria se convierte en un objetivo de extrema importancia para provincias como Córdoba con una fuerte dependencia del sector agrícola. En el trabajo realizado por Cabrini et al. (2021), mencionado anteriormente, se analizó la variabilidad, tendencia y eventos extremos de los rendimientos de trigo, maíz y soja de la provincia de Buenos Aires asociando dichos parámetros con las fases del fenómeno ENSO. Entre otros resultados, encontraron que la ocurrencia de valores extremadamente bajos de rendimientos a nivel departamental en los tres cultivos se registró en años caracterizados por ser segundos años consecutivos de Niña.

Objetivos

El objetivo de este trabajo es analizar la tendencia y ocurrencia de valores extremos en los rendimientos de soja, maíz, maní y trigo para la provincia de

Córdoba. Y asociar las frecuencias de valores extremos con las fases del fenómeno ENSO de cada campaña.

Materiales y Métodos

Se utilizó como guía, el trabajo realizado por Cabrini et al. (2021) de manera tal de extender su análisis para la provincia de Córdoba. Dada la importancia en cuanto a producción para la provincia, los cultivos elegidos fueron: maní, trigo, maíz y soja

considerando los valores departamentales de rendimientos por unidad de superficie de la base de datos de Estimaciones Agrícolas de la Secretaría de Agricultura para las campañas entre 2000/01 y 2020/21 (Fig. 1).

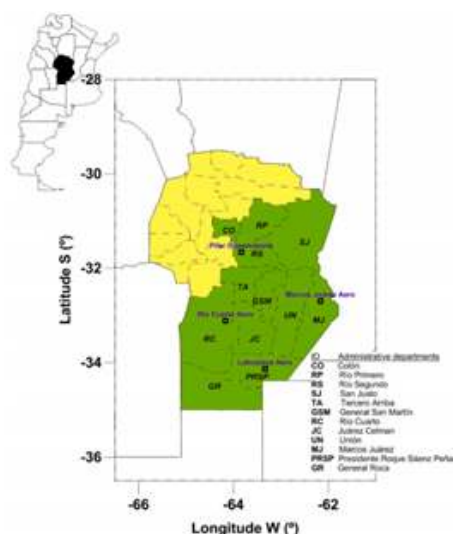


Figura 1: Región agrícola de la provincia de Córdoba. Fuente: De la Casa y Ovando (2021)

Para estas series de rendimientos se consideraron tres modelos alternativos (Modelo sin tendencia, modelos con tendencia lineal y modelo con cambio de tendencia) y los valores extremos fueron definidos siguiendo la metodología utilizada en Cabrini et al. (2021).

Finalmente, se relacionó la cantidad de departamentos con eventos extremos por campaña con la fase del fenómeno ENSO de cada campaña, determinada según, uno de los índices más utilizados, como es el ONI (Oceanic Niño Index) (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de las campañas analizadas según fase del ENSO.

Fuente: Elaboración propia en base a https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/lanina/ens0_evolution-status-fcsts-web.pdf

Campaña	Evento - ENSO
2000/01	niña.debil
2001/02	neutro
2002/03	niño.moderado
2003/04	neutro
2004/05	niño.debil
2005/06	niña.debil
2006/07	niño.debil
2007/08	niña.fuerte
2008/09	niña.debil (2da niña consecutiva)
2009/10	niño.moderado
2010/11	niña.fuerte
2011/12	niña.moderada (2da niña consecutiva)
2012/13	neutro
2013/14	neutro
2014/15	niño.debil
2015/16	niño.muy fuerte (2do niño consecutivo)
2016/17	niña.debil
2017/18	niña.debil (2da niña consecutiva)
2018/19	niño.debil
2019/20	neutro
2020/21	niña.moderada

Resultados

En el caso del cultivo de trigo, el aumento en los rendimientos durante el periodo analizado solo fue significativo en el 12% de los departamentos considerados, ya que un porcentaje mayor (81%) no presentaron tendencia significativa. En lo que respecta a maíz, casi la mitad de los departamentos

presentaron una tendencia no significativa, y no se detectaron puntos de cambio en este periodo. Se destaca en el caso del maní donde un alto porcentaje de los departamentos considerados mostraron un cambio de tendencia significativa, que en general se produce 2016/17 y 2017/18 (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados de los modelos de tendencias de las series de rendimientos 2000-2021.

	Trigo	Maíz	Soja	Maní
Total de departamentos	18	22	19	6
Departamentos sin tendencia significativa (%)	81.3	59.1	36.8	0.0
Departamentos con tendencia significativa (%)	12.5	40.9	47.4	16.7
Departamentos con cambio de tendencia significativa (%)	6.3	0.0	21.1	83.3
Punto promedio de cambio de tendencia (Campaña agrícola)	2009/10	--	2007/08	2016/17

Se encontró una relación entre las frecuencias de valores extremos de rendimientos y las fases del ENSO, siendo esta relación más importante en los cultivos de verano, donde los rendimientos más bajos se dan en general en años clasificados como La Niña, mientras que mayoría de rendimientos altos se dan en aquellas campañas clasificadas como El Niño. En el caso del trigo, la relación resultó inversa, rendimientos más bajos fueron clasificados en años El Niño, mientras que los altos en años La Niña. En el caso del maní, la tendencia no fue tan clara, en especial porque resultaron muy escasos los departamentos que fueron asignados en los umbrales considerados para la clasificación de extremos. Con lo cual, requiere de un análisis más detallado dadas las particularidades de producción del cultivo (Fig.: 2-5).

En el caso particular de los años clasificados como 2das Niñas débiles o moderadas se encontró que

en los caso de soja y maíz, coincidieron con valores de rendimientos extremadamente bajos, mientras que para trigo resultó en lo contrario (extremadamente alto). Para maní no se observó una correspondencia clara, ya que si bien en dos de ellas dichos años coincidieron con rendimientos muy bajos también se clasificaron como muy altos, en otras de las campañas.

Los resultados hallados coinciden con los análisis realizados por Cabrini et al. (2021, 2022) en Buenos Aires, en particular valores extremadamente bajos de rendimientos se producen cuando el fenómeno La Niña se da por segundo año consecutivo. En el caso del trigo, el análisis realizado, coinciden con las conclusiones de este trabajo, siendo un cultivo de invierno que respondió en su producción de manera diferente a las fases del ENSO que los cultivos de verano.

Figura 2. Cantidad de departamentos de la Provincia de Córdoba con valores extremos de rendimientos de maíz para el período 2000/01-2020/21.

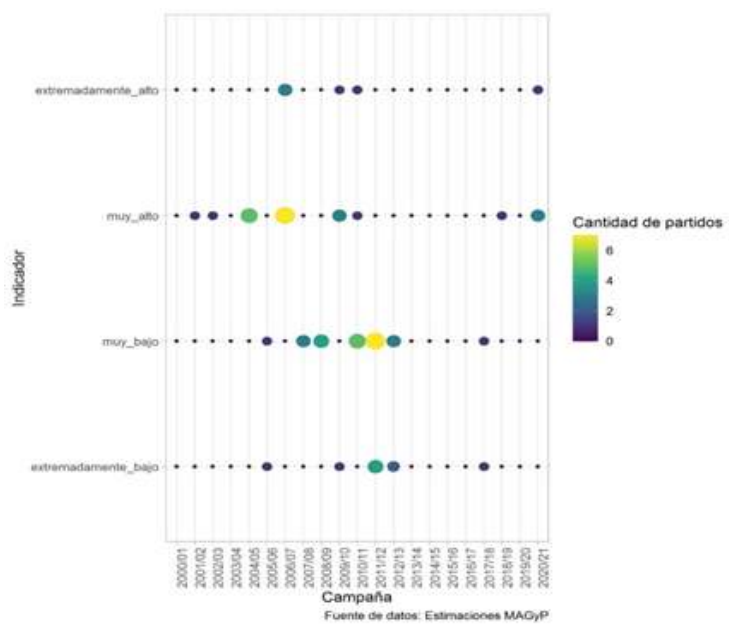


Figura 3. Cantidad de departamentos de la Provincia de Córdoba con valores extremos de rendimientos de trigo para el período 2000/01-2020/21.

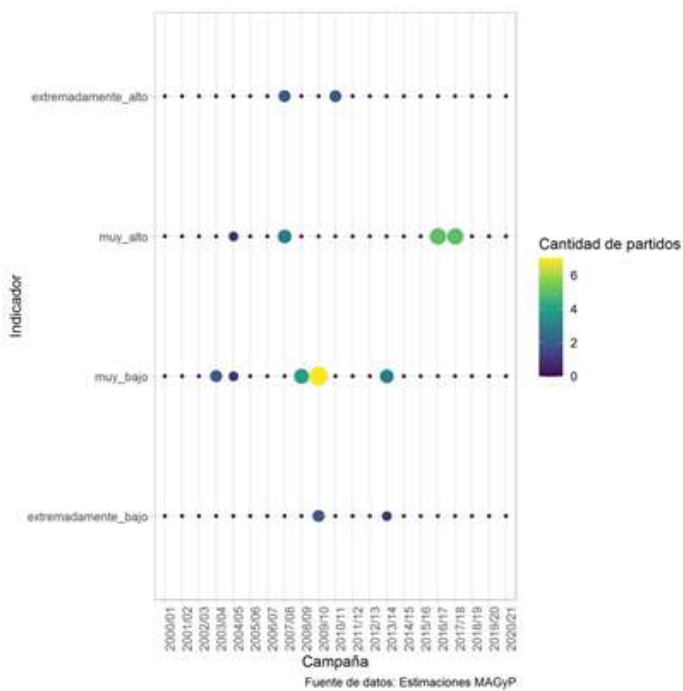


Figura 4. Cantidad de departamentos de la Provincia de Córdoba con valores extremos de rendimientos de soja para el período 2000/01-2020/21.

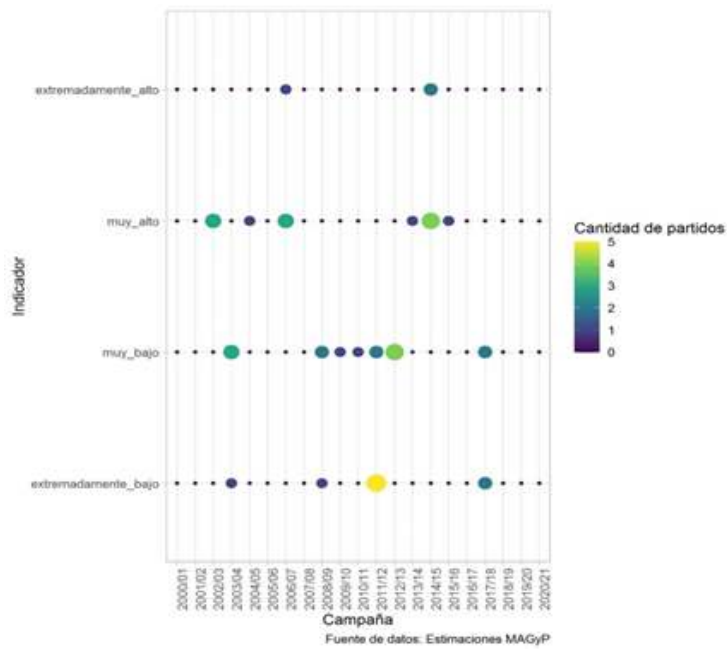


Figura 5. Cantidad de departamentos de la Provincia de Córdoba con valores extremos de rendimientos de maní para el período 2000/01-2020/21.

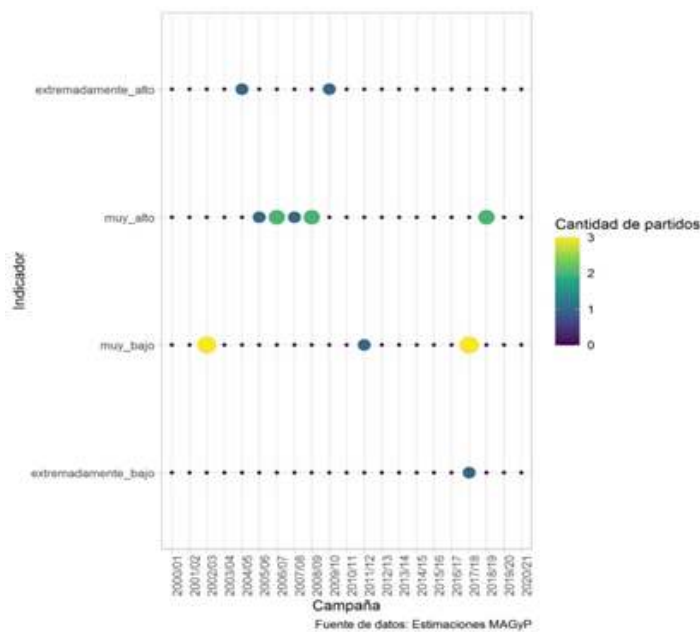
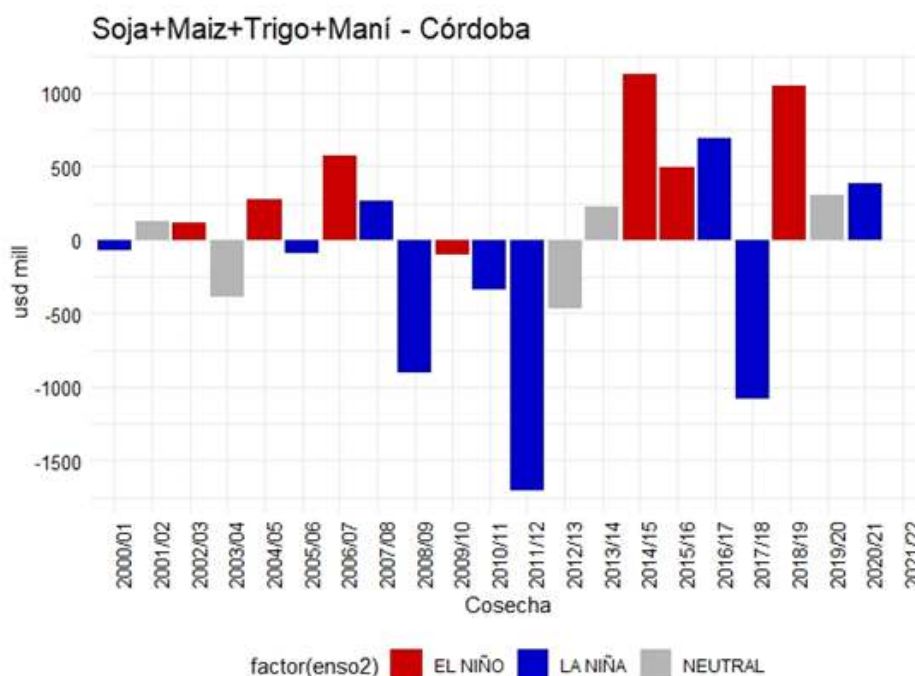


Figura 6. Diferencias entre el valor esperado y el obtenido de la producción de soja, maíz, trigo y maní, provincia de Córdoba, período 2000/01-2020/21.



En la figura 6 se puede observar la evolución de la diferencia entre el VBP esperado y el VBP obtenido relacionado a la fase del ciclo de cada año; claramente la fase La Niña es la que produce las mayores diferencias negativas entre los valores realmente obtenidos y los que se esperaban obtener al momento de la siembra, esto se da en las

campañas 2011/12, 2017/18 y 2008/09. Comparando con los datos presentados por Cabrini et al para Buenos Aires, donde la mayor diferencia se había dado en la sequía del año 2009, en Córdoba el mayor impacto se produjo en la campaña 2011/12.

CONCLUSIONES

Luego del análisis de la información procesada se confirma la relación entre la ocurrencia de eventos extremos en los rendimientos de los principales cultivos de la provincia de Córdoba y la fase del fenómeno ENSO. Se puede observar que la soja y el maíz presentan mayor sensibilidad a los efectos del ENSO en comparación con el trigo y el maní.

Así mismo, cuando se analizan las pérdidas económicas se puede observar que, en la provincia de Córdoba, las mayores pérdidas se dan en las campañas 2011/12 y 2017/18, ambas campañas caracterizadas por fase La Niña, con la particularidad de ser el segundo año consecutivo; esto permite afirmar que el impacto de la sequía se profundiza

cuando se repite el fenómeno dos años seguidos. Es importante aclarar que en el presente estudio no se consideraron efectos en los precios que pueden contrarrestar el efecto en rendimientos.

Los resultados aportan un caso más sobre el potencial uso de los pronósticos estacionales basados en el ENSO para la agricultura. Sin embargo, es necesario profundizar en el análisis sobre los efectos del ENSO, como también sobre la posible influencia de otros fenómenos de escala estacional y subestacional sobre los rendimientos y el efecto económico que estas variaciones generan en los rendimientos de la provincia de Córdoba.

Referencias bibliográficas

- Cabrini, S., Fillat, F., Gattinoni, N., Ibern, D., Marino, M., Alvarez, R., Martín, G., Paolilli, C., Urcoola, H., Iurman, D., (2021). Variabilidad, tendencia y eventos extremos en los rendimientos agrícolas a nivel partido en la provincia de Buenos Aires, II Seminario de Riesgo Agropecuario, 16 y 17 de Septiembre de 2021, modalidad virtual.
- Cabrini, S., Fillat, F., Gattinoni, N., Ibern, D., Marino, M., Alvarez R., Martín G. Paolilli, C., Urcoola, H., Iurman, D., (2022). Variabilidad, tendencia y eventos extremos en los rendimientos agrícolas a nivel partido en la provincia de Buenos Aires, Revista de Investigación en Modelos Financieros, año 11, vol. I.
- CNA, Censo Nacional Agropecuario (2018). Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Disponible en: <https://cna2018.indec.gov.ar/> [Último acceso: junio 2018].
- De la Casa, A. & Ovando, G., (2021) . ENSO influence on corn and soybean yields as a base of an early warning system for agriculture in Córdoba, Argentina. European Journal of Agronomy 129 126340. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126340>
- Ghida Daza, C. (Coord.) (2009). Indicadores económicos para la gestión de empresas agropecuarias. Bases metodológicas. Buenos Aires (AR): INTA. Estudios Socioeconómicos de la Sustentabilidad de los Sistemas de Producción y Recursos Naturales No. 11, 39 p. ISSN 1851-6955 Disponible en: <http://inta.gob.ar/documentos/indicadores-economicos-para-la-gestion-de-empresas-agropecuarias.-bases-metodologicas-1/>
- INDEC. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, (2018). INDEC. [En línea] Disponible en: <http://www.indec.gov.ar> [Último acceso: 17 junio 2018].
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. (2022). Informes Técnicos y Estimaciones. Estadísticas, Agricultura. Trigo, soja, maní, maíz, girasol y sorgo. Disponible en: <http://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones> [Consultado: julio 2022].
- Thomasz, E. O., Casparri, M. T., Vilker, A. S., Rondinone, G., & Fusco, M. (2015). Medición Económica De Eventos Climáticos Extremos En El Sector Agrícola: El Caso De La Soja En Argentina. Revista de Investigación En Modelos Financieros, 4(2), 30–57. <https://doi.org/2250-6861>

EL EFECTO CLIMÁTICO EN LA VARIABILIDAD Y TENDENCIA DE LA PRODUCCIÓN GANADERA DE CHACO Y CORRIENTES

PELLERANO, LAURA ¹ ; CALVI, MARIANA ² ; CABRINI, SILVINA MARÍA ³
; QUIROLO, MARÍA EUGENIA ⁴ ; ROSELLÓ, JOSÉ ¹

¹ EEA Colonia Benítez, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

² EEA Mercedes, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

³ EEA Pergamino, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

⁴ EEA Sáenz Peña, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

⁵ Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires

pellerano.laura@inta.gob.ar

Resumen

Con un stock de 53 millones de bovinos en 203.296 establecimientos, el valor de la producción de carne vacuna (VBPC) se posiciona en el segundo lugar, después de la soja, en el sector agroalimentario argentino. Argentina se ubica entre los principales exportadores de carne vacuna (ocupando el quinto lugar), así el sector bovino aporta el 6% de las divisas generadas por las exportaciones totales del país (INDEC, 2021). Las provincias de Chaco y Corrientes forman parte de la región del noreste argentino (NEA), poseen entre ambas 6.843.000 de cabezas (13% del stock nacional) (SENASA, 2021). La producción de carne (PC) de las provincias de Chaco y Corrientes en el período 2008/09-2018/19, estuvo en promedio en 870 tn y 1.439 tn respectivamente en tanto el VBPC arrojó promedios en millones de dólares, de 1.405 para Chaco y 2.310 para Corrientes. El objetivo es analizar la tendencia y variabilidad de la PC y el VBPC para los departamentos de las provincias de Chaco y Corrientes.

para ambos indicadores se analizan las series de tiempo de a nivel de departamento de Chaco y Corrientes en el período 2008/09-2018/19. Se identifica la tendencia y ocurrencia de valores extremos. Las frecuencias de valores extremos se relacionan con las fases del fenómeno ENSO (El Niño-Oscilación del Sur) observadas para cada año. La serie estudiada no presenta tendencia significativa (p -valor $<0,1$) en la mayoría de los departamentos de Chaco y Corrientes y la relación entre las frecuencias de valores extremos de rendimientos y las fases del ENSO no es tan clara, evidenciando la falta de crecimiento de la actividad, que la serie de años estudiada es corta y que existen variaciones de stock por motivos ajenos a la productividad.

Palabras clave: ENSO, producción de carne, variabilidad climática, bovinos

Abstract

With a stock of 53 million bovines in 203,296 establishments, the value of beef production (VBPC) ranks second, after soybeans, in the Argentine agri-food sector. Argentina is among the main exporters of bovine meat (ranking fifth), thus the bovine sector contributes 6% of the foreign exchange generated by the country's total exports (INDEC, 2021). The provinces of Chaco and Corrientes are part of the Northeastern Argentine region (NEA), between them they have 6,843,000 heads (13% of the national stock) (SENASA, 2021). The meat production (PC) of the provinces of Chaco and Corrientes in the period 2008/09-2018/19, was on average 870 tons and 1,439 tons respectively, while the VBPC showed averages in millions of dollars, of 1,405 for Chaco and 2,310 for Corrientes. The objective is to analyze the trend and use of the PC and the VBPC for the departments of the provinces of Chaco and Corrientes. For both indicators,

the time series are analyzed at the department level of Chaco and Corrientes in the period 2008/09-2018/19. The trend and occurrence of extreme values are identified. The frequencies of extreme values are related to the phases of the ENSO phenomenon (El Niño-Southern Oscillation) observed for each year. The series studied does not present a significant trend (p -value < 0.1) in most of the departments of Chaco and Corrientes and the relationship between the frequencies of extreme yield values and the ENSO phases is not so clear, evidencing the lack of growth of the activity, that the series of years studied is short and that there are variations in stock for reasons unrelated to productivity.

Keywords: ENSO, beef production, climatic variability, cattle

Introducción

Con un stock de 53 millones de animales en 203.296 establecimientos, el valor de la producción de carne vacuna se posiciona en el segundo lugar, después de la soja, en el sector agroalimentario argentino. La Argentina se ubica entre los principales exportadores de carne vacuna (ocupando el quinto lugar), así el sector bovino aporta el 6% de las divisas generadas por las exportaciones totales del país (INDEC, 2021).

Las provincias de Chaco y Corrientes forman parte de la región del nordeste argentino (NEA), poseen entre ambas 6.843.000 de cabezas (13% del stock nacional) (SENASA, 2021).

La actividad ganadera, como toda empresa a cielo abierto, es altamente dependiente de las condiciones climáticas predominantes, y más aún en el NEA donde los cambios de comportamiento de las variables climáticas generan diferencias en la producción del pastizal, que es el principal recurso alimenticio de los sistemas ganaderos de la zona.

Estos cambios tienen dos posibles magnitudes, una es la variación habitual generada entre años y la segunda es la aparición de eventos climáticos de mayor intensidad provocando sequías e inundaciones, que deterioran el pastizal tanto en su producción como en su calidad poniendo en riesgo la producción de carne. Otro de los factores que afecta la disponibilidad forrajera de la región es el mal manejo de pastizales ya sea por el sobre pastoreo como en el subaprovechamiento que genera, la desaparición de especies de plantas más apetecibles y la aparición de especies leñosas y malezas, lo cual provoca una disminución de calidad de las pasturas y pastizales para el ganado; también debemos considerar la erosión del suelo como factor determinante en la salud de los pastizales, este efecto expone al suelo a las precipitaciones y temperaturas extremas, con la consecuente pérdida de hábitat para especies nativas (GIRSAR, 2019).

La provincia de Corrientes posee una red de humedales compuesta por esteros, embalsados, bañados, malezales y lagunas que ocupa 16.000 kilómetros cuadrados. El suelo se caracteriza por deficiencia de fósforo y sodio condicionando la producción agropecuaria. El clima es subtropical húmedo sin estación seca, con frecuentes excesos hídricos en otoño y primavera y eventuales déficit en verano. A su vez, en verano se registra una fuerte evaporación provocada por las elevadas temperaturas. Hacia el centro de la provincia, las precipitaciones medias anuales son de 1.483 mm y la temperatura media anual es de 19,7°C. En el tiempo la orientación productiva fue migrando hacia una cría más pura (de 0,38 en 2010 a 0,25 en 2020). En el promedio de los últimos años, la relación terneros/vacas fue de 47% y la producción de carne fue de 62 kg/cab siendo su composición 35% novillos y novillitos, 30% vacas y 22% terneros. El Chaco presenta una gran diversidad en cuanto a suelos, vegetación y topografía. El clima es subtropical, con lluvias que varían entre los 500 mm al oeste y 1.200 mm al este, oscilando la temperatura media anual entre los 20°C al sur y los 23°C al norte de Chaco. El régimen pluviométrico normal se presenta con una distribución asimétrica, que tiende a reducirse en el invierno y parte de la primavera, aumentando en verano-otoño. La variación interanual de las preci-

pitaciones puede generar severos períodos de sequías o por el contrario fuertes inundaciones. La orientación productiva fue migrando de 0,38 en 2010 a 0,21 en 2020, tomando mayor relevancia la cría en la actualidad. En el promedio de los últimos años, la relación terneros/vacas fue de 52% y la producción de carne fue de 67 kg/cab siendo su composición 33% novillos y novillitos, 31% vacas y 20% terneros.

La producción de carne es un indicador relevante para medir la eficiencia de los sistemas ganaderos, y se obtiene a partir de una serie de datos del propio sistema. En base a los registros del SENASA, se pudo estimar la producción de carne (PC) entre los años 2008 y 2020 para las provincias de Corrientes, Chaco, Entre Ríos y Formosa (Calvi et al., 2021). En la publicación de referencia, también se estimó el valor bruto de la producción de carne (VBPC), considerando fuentes de precios relevantes. A partir de esto, surge la necesidad de ver la incidencia del clima sobre la tendencia y la variabilidad de estos indicadores (PC y VBPC) en esta oportunidad para las provincias de Chaco y Corrientes. Es importante señalar que la producción ganadera es una variable afectada por diversos factores, en este primer trabajo se consideró solamente el clima a nivel global sin tener en cuenta los otros aspectos.

Materiales y Métodos

El área de estudio son 25 departamentos de la provincia de Chaco y 25 departamentos de la provincia de Corrientes. Los datos que se utilizaron son los valores de PC y VBPC por departamento de la base de datos de Calvi et al. (2021) del período

2008/2009 - 2019/2020.

Para realizar este estudio se replicaron los pasos metodológicos utilizados por Cabrini et al. (2021), adaptados a las características de la producción ganadera.

Para estimar las tendencias de la producción de carne y de su valor bruto, se consideraron tres modelos alternativos:

1) sin tendencia: $Rit = \alpha_i + \epsilon_{it}$

(2) con tendencia lineal simple: $Rit = \alpha_i + \beta_i t + \epsilon_{it}$

(3) con cambio de tendencia: $Rit = \alpha_i + \beta_{1i} t + \beta_{2i} (t - t^*) + \epsilon_{it}$

Donde:

Rit es PC/VBPC de la provincia i en la campaña t;

i es el set de provincias: Chaco y Corrientes;

t es el set de campañas consideradas desde 2008/2009 hasta 2019/2020;

t* es el punto de cambio de tendencia $(t - t^*)_+ = t - t^*$ if $t > t^*$ y 0 en caso contrario

Luego, para cada departamento de cada una de las provincias se eligió el modelo que mejor describe cada serie de PC y VBPC: si la tendencia no es significativa ($p_value > 0,1$) se utiliza el modelo sin tendencia (1); si la tendencia es significativa y el cambio de tendencia no lo es, se utiliza el modelo con tendencia lineal simple (2); si el cambio de tendencia es significativo se utiliza el modelo con cambio de tendencia (3). Para determinar la cantidad de departamentos que poseen valores extremos de rendimiento de carne y de valor bruto, se clasifican los desvíos estandarizados de acuerdo con la cantidad de desvíos con respecto al valor

estimado según el siguiente criterio:

- extremadamente alto >2 ;
- muy alto $>1,5$ & <2 ;
- muy bajo $<-1,5$ & >-2 ;
- extremadamente bajo <-2

Posteriormente, se relaciona la cantidad de departamentos con eventos extremos por año con la fase de fenómeno ENSO según los valores del Oceanic Niño Index (ONI) reportado por NOAA (Tabla 1). Para el trabajo se tomó el período abril de un año a marzo del año siguiente, teniendo en cuenta el período en el que estimaron la PC y el VBPC.

Tabla 1. Fases del fenómeno ENSO según valores de ONI, por año
Fuente: Elaboración propia en base a NOAA

Año	Evento ENSO
2008/2009	niña.débil
2009/2010	niño.moderado
2010/2011	niña.fuerte
2011/2012	niña.moderada
2012/2013	neutro
2013/2014	neutro
2014/2015	niño.débil
2015/2016	niño.muy fuerte
2016/2017	niña.débil
2017/2018	niña.débil
2018/2019	niño.débil
2019/2020	neutro

Los años se definen con 5 períodos consecutivos y superpuestos de 3 meses:

- $\geq +0,5$ para EL Niño
- $\leq -0,5$ para La Niña

Además, si se igualó o excedió el umbral durante al menos 3 períodos consecutivos superpuestos de 3

meses, cada fase de estos eventos se subdivide según rangos de valores absolutos de anomalías en:

- Débiles, desde 0,5 a 0,9
- Moderados, desde 1,0 a 1,4
- Fuertes, desde 1,5 a 1,9
- Muy Fuertes, ≥ 2

De cada una de las provincias de Chaco y Corrientes se tienen 300 observaciones de PC y 300 de VBPC (25 departamentos x 12 años), a partir de las cuales se obtuvieron las tablas de contingencia de las frecuencias que indican cuántos puntos (departamentos) corresponden a la combinación de los valores normales o extremos de PC y VBPC y las fases del fenómeno ENSO. A fin de determinar estadísticamente si existe relación entre ambas

variables (filas y columnas de las tablas de contingencia) se realizó la prueba de Fisher, recomendado para tablas de contingencia que contienen celdas con valores menores a 5 observaciones, como es el caso del dataset del que se dispone para este trabajo.

Los modelos y cálculos se realizaron utilizando el paquete estadístico RStudio que permite la manipulación de datos, cálculos y gráficos.

Resultados

En la provincia de Chaco solo los departamentos Chacabuco y General Güemes poseen una tendencia positiva significativa en PC y en VBPC, en tanto que en Independencia y San Fernando los cambios de tendencias significativas son negativas en el año 2009/2010 para PC, en cambio para VBPC en ningún caso existen cambios de tendencias. En la provincia de Corrientes, los departamentos San Martín, Ituzaingó y San Miguel presentan tendencia

negativa de magnitud significativa en PC y el departamento Concepción presenta pendiente negativa y cambio de pendiente significativas en el año 2009/2010 (Tabla 2).

Es importante aclarar que los datos de movimientos de hacienda de los años 2009 y 2010 están incompletos o erróneos, por lo cual los p_valores y los coeficientes de tendencia pueden no ser correctos.

Tabla 2: Tendencias de la PC de los departamentos con p_valor significativo de Chaco y Corrientes para la serie 2008/2009-2019/2020

Provincia	Departamentos	α	$\beta 1$	$\beta 2$	chpoint	año cambio	p_value	p_value mod.	pred 2019	
						de	mod. lineal	cambio de		
						pendiente	simple	pendiente		
Chaco	General Güemes	5.908	899	NA	NA	-	0,08	0,23	16.696	
	Independencia	4.484	-1.291	1.239	2	2009/2010	0,03	0,02	1.376	
	San Fernando	4.254	4.027	-4.662	2	2009/2010	0,02	0,04	3.954	
	Chacabuco	887	106	NA	NA	-	0,02	0,67	2.159	
Corrientes	Concepción	35.276	-11.231	10.884	2	2009/2010	0,02	0,00	9.344	
	San Martín	21.963	-743	NA	NA	-	0,03	0,94	13.045	
	Ituzaingo	14.271	-618	NA	NA	-	0,00	0,36	6.851	
	San Miguel	6.246	-334	NA	NA	-	0,00	0,71	2.240	

Tabla 3: Tendencia del VBPC de los departamentos con p_valor significativo de Chaco y Corrientes para la serie 2008/2009-2019/2020

Provincia	Departamentos	α	$\beta 1$	$\beta 2$	chpoint	año	p_value	p_value mod.	pred 2019	
						cambio de	mod. lineal	cambio de		
						pendiente	simple	pendiente		
Chaco	General Güemes	6.845	1.691	NA	NA	-	0,05	0,23	27.132	
	Chacabuco	1.389	149	NA	NA	-	0,03	0,67	3.182	
Corrientes	San Miguel	9.279	-408	NA	NA	-	0,03	0,71	4.378	

Para determinar la relación entre las frecuencias de los valores extremos de PC y VBPC con las fases de ENSO para cada año, se realizó la prueba de Fisher y se pudo comprobar que es significativa ($p_value < 0,01$). En Chaco, las mayores frecuencias relativas de valores extremadamente bajos y muy bajos de PC y VBPC se dan en años con ocurrencia de eventos niño moderado, en tanto que se destacan

valores extremadamente altos y muy altos en años clasificados como niña moderada. En Corrientes, la PC y el VBPC son afectados por el evento niña, registrándose las mayores frecuencias de valores extremadamente bajos y muy bajos en años con eventos niña fuerte y valores extremadamente altos y muy altos en años clasificados como niña moderada (Tablas 4 y 5).

Tabla 4. Cantidad de departamentos con valores extremos de PC de Chaco y Corrientes en el período 2008/2009 – 2019-2020

PC Chaco					
Fase ENSO	extremadamente bajo	muy bajo	no mal	muy alto	extremadamente alto
neutro	5%	1%	88%	4%	1%
niña débil	0%	4%	93%	3%	0%
niña fuerte	4%	12%	84%	0%	0%
niña moderada	0%	4%	56%	32%	8%
niño débil	2%	0%	96%	0%	2%
niño moderado	20%	12%	68%	0%	0%
niño muy fuerte	0%	0%	100%	0%	0%

PC Corrientes					
Fase ENSO	extremadamente bajo	muy bajo	no mal	muy alto	extremadamente alto
neutro	0%	0%	97%	1%	1%
niña débil	4%	7%	89%	0%	0%
niña fuerte	21%	8%	67%	4%	0%
niña moderada	0%	0%	58%	13%	29%
niño débil	0%	2%	96%	0%	2%
niño moderado	4%	4%	92%	0%	0%
niño muy fuerte	0%	0%	96%	4%	0%

Tabla 5. Cantidad de departamentos con valores extremos de VBPC de Chaco y Corrientes en el período 2008/2009 – 2019-2020

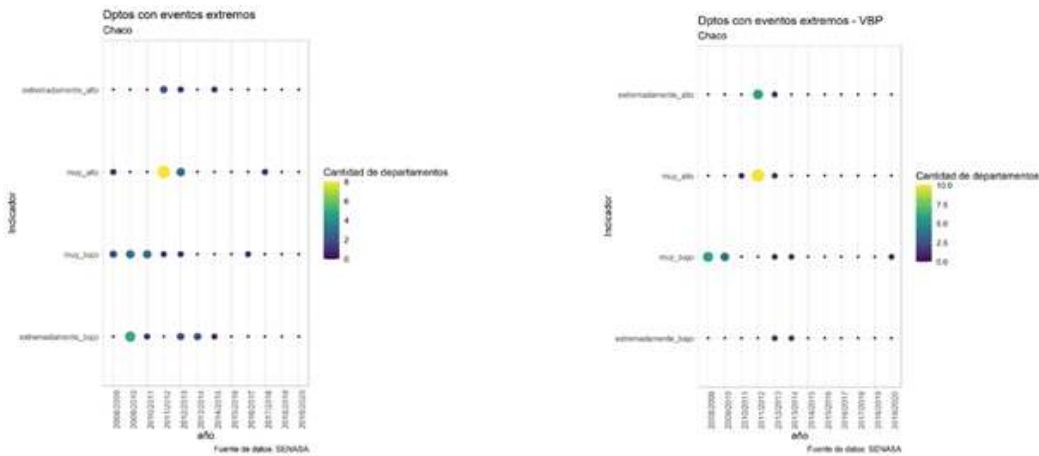
VBP Chaco					
Fase ENSO	extremadamente bajo	muy bajo	normal	muy alto	extremadamente alto
neutro	3%	4%	91%	1%	1%
niña débil	0%	8%	92%	0%	0%
niña fuerte	0%	0%	96%	4%	0%
niña moderada	0%	0%	36%	40%	24%
niño débil	0%	0%	100%	0%	0%
niño moderado	0%	16%	84%	0%	0%
niño muy fuerte	0%	0%	100%	0%	0%

VBP Corrientes					
Fase ENSO	extremadamente bajo	muy bajo	normal	muy alto	extremadamente alto
neutro	0%	1%	97%	1%	0%
niña débil	1%	8%	90%	0%	0%
niña fuerte	8%	8%	67%	13%	4%
niña moderada	0%	0%	33%	29%	38%
niño débil	0%	2%	96%	2%	0%
niño moderado	0%	4%	96%	0%	0%
niño muy fuerte	0%	0%	96%	4%	0%

En Chaco la mayor cantidad de departamentos con eventos muy altos en PC y VBPC se dieron en el año 2011/2012, en tanto que en PC los eventos extremadamente bajos sucedieron en el año 2009/2010,

atribuible además del clima al problema de los datos; en el caso de VBPC, el mayor número de departamentos registraron valores muy bajos en el año 2008/2009 (Figura 1).

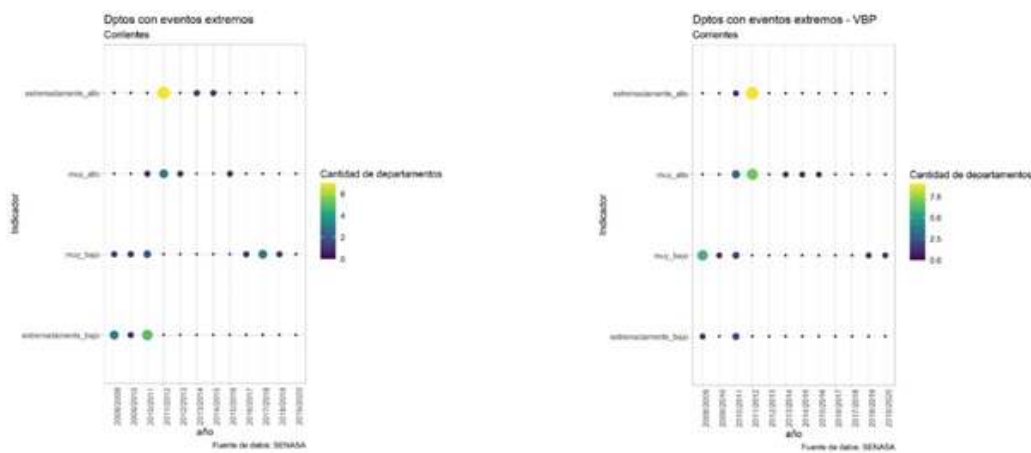
Figura 1. Cantidad de departamentos de Chaco con eventos extremos en PC y VBPC



En Corrientes la mayor cantidad de departamentos con eventos extremadamente altos en PC y extremadamente altos y muy altos de VBPC se dieron en el año 2011/2012, en tanto que en PC los eventos extremadamente bajos sucedieron en el año

2010/2011, atribuible además del clima al problema de los datos; en el caso de VBPC, el mayor número de departamentos registraron valores muy bajos en el año 2008/2009 (Figura 2).

Figura 2. Cantidad de departamentos de Corrientes con eventos extremos en PC y VBP



Conclusiones

Los modelos aplicados indican que no hay una tendencia significativa en la mayoría de los departamentos de las provincias analizadas, por lo tanto, la actividad ganadera se presenta como estable frente a los vaivenes climáticos, de mercado e incluso políticos.

Las ocurrencias de PC y VBPC con valores extremos bajos y muy bajos se dieron en los años 2009/2010 para Chaco y 2010/2011 para Corrientes. Estos resultados no pueden atribuirse solo al clima ya

que se observa faltante de datos en las bases de movimientos de hacienda, como así también variaciones de stock por otros motivos. Se sugiere mejorar este análisis incorporando eventos climáticos más específicos y por estación crítica para la productividad de los sistemas ganaderos. Sería importante incorporar a este estudio, los otros factores que inciden en el ciclo productivo, como son las estrategias tecnológicas utilizadas para amortiguar el impacto climático en la producción.

Referencias bibliográficas

Cabrini, S., Fillat, F., Gattinoni, N., Ibern, D., Marino, M., Alvarez, R., Martin, G., Paolilli, C., Urcola, H., Iurman, D. (2021). Variabilidad, tendencia y eventos extremos en los rendimientos agrícolas a nivel partido en la provincia de Buenos Aires, II Seminario de Riesgo Agropecuario, 16 y 17 de Septiembre de 2021, modalidad virtual.

Calvi, M.; Pellerano, L.; Rosello, J.; Beribe, M.J.; Chiossone, J.; Acosta, F.; Cabrini, S.M.; Balbuena, O.; Aguilar, D. (2021). Avances en la estimación del Valor Bruto de la Producción Ganadera Bovina Argentina. INTA EEA Colonia Benitez.

Elizalde, J. y Riffel, S. (2014). Eficiencia más allá del stock. Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/origenes_evolucion_y_estadisticas_de_la_ganaderia/166-Eficiencia_mas_alla_del_stock.pdf

Fernandez Mayer, A. (1997). Normas para calcular la producción de carne. INTA EEA Bordenave.

GIRSAR. (2019). Plan de Gestión Integrada de Riesgos Agropecuarios de la Provincia del Chaco. Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/girsar_-_chaco_-_ppgira_ago19_compressed.pdf

INDEC. (2021). Comercio exterior. Vol. 5 núm. 14. Complejos exportadores. Primer semestre de 2021. Recuperado de: https://www.indec.gob.ar/uploads/informesdeprensa/complejos_09_216C11F7ABA3.pdf.

SENASA, 2008 a 2021. Base de datos de Existencia por categoría y departamento a marzo de cada año.

SENASA, 2008 a 2021. Base de datos de Movimientos por categoría y departamento mensuales de cada año.

PRONÓSTICO DE LA PRODUCCIÓN DE SOJA EN ARGENTINA UTILIZANDO LOS VALORES DEL BALANCE HIDRÍCO

ESTEBAN OTTO THOMASZ ¹ ; KEVIN CORFIELD ¹ ; ANA SILVIA VILKER ¹ ; MARISOL OSMAN ²

¹Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Económicas, IADCOM, Programa Vulnerabilidad al Riesgo Climático (ProVul), Argentina.

²Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Argentina. CONICET-Universidad de Buenos Aires, Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA), Buenos Aires, Argentina. CNRS-IRD-CONICET-UBA, Instituto Franco-Argentino para el Estudio del Clima y sus Impactos (IRL3351 IFAECI), Buenos Aires, Argentina.

ottothomasz@gmail.com

Resumen

La soja es el commodity agrícola más importante producido y exportado por Argentina. El agua es uno de los principales insumos para su producción. Los déficits de agua (sequías) durante períodos críticos y excesos hídricos durante cosechas afectan a la producción. A pesar de que es sabido que las sequías generan pérdidas económicas importantes en la producción de soja, sigue siendo un desafío desarrollar un modelo estandarizado que provea un análisis de sensibilidad para explicar en qué medida el agua afecta la producción. En este trabajo se exploró la relación entre los niveles de precipitación (índice SPEI), las reservas hídricas y los rindes en la producción de soja, siendo las reservas hídricas el índice con la mejor performance (rendimiento). Por medio de un análisis de correlación y

regresión, se encontró que en el mayor número de casos el contenido de agua explica al menos el 50% de la variabilidad en los rendimientos de soja con un máximo del 70%. Además, se evaluó la capacidad de pronosticar a través de la técnica Leave One Out Cross Validation, mostrando que los modelos son lo suficientemente robustos para proveer un pronóstico de un período, a la vez que el error es comúnmente explicado por el desvío estándar del índice de rendimiento. Las principales aplicaciones de este estudio están relacionadas con evaluación de impacto previo a la cosecha final y el diseño de seguros basados en el índice.

Palabras clave: Producción de soja, contenido de agua, evaluación de impacto, pronóstico.

Abstract

Soybean is the most important agricultural commodity produced and exported by Argentina. Water is one of the main inputs for soybean production. Water deficits (droughts) during critical periods and excess water during harvests affect production. Although it is known that droughts generate important economic losses in soybean production, it is still a challenge to develop a

standardized model that provides a sensitivity analysis to explain the extent to which water affects production. In this work, the relationship between precipitation levels (SPEI index), water content and yields in soybean production was explored, being water content the index with the best performance (yield).

By means of a correlation and regression analysis, it was found that in the greatest number of cases water content explains at least 50% of the variability in soybean yields with a maximum of 70%. In addition, the ability to forecast through the Leave One Out Cross Validation technique was evaluated, showing that the models are robust enough to provide a one-period forecast, while the error is

commonly explained by the standard deviation of the yield index. The main applications of this study are related to final pre-harvest impact assessment and index-based insurance design.

Key words: soybean production, water content, impact assessment, forecasting.

Introducción

La soja es el commodity agrícola más importante para Argentina en términos de producción y exportaciones. A escala global, la producción anual de Argentina de 50 millones de toneladas es la tercera más grande en el mundo luego de EE. UU. y Brasil, representando el 16% de la producción global. La producción local está orientada a la exportación, pero con una importante cadena de industrialización: los granos representan el 20% de las exportaciones mientras que la harina y el aceite contabilizan el 80% del valor de las exportaciones del sector. Argentina concentra el 40% del intercambio internacional de la harina de soja (USDA, 2021), siendo el jugador más importante en el mercado. A nivel nacional, la soja contabiliza el 81% de la producción cultivada y el 77% del área sembrada durante los años recientes. La soja y sus derivados representaron en promedio 24% del valor total de las exportaciones del país entre el 2003 y el 2020. A escala subnacional, es la principal actividad económica para muchas localidades del país (Massot, 2016).

El agua es el insumo más importante para la producción de soja, en este sentido, los déficits hídricos en los períodos críticos y los excesos hídricos durante la cosecha afectan la producción. En este contexto, una evaluación de impacto apropiado para conocer como el agua afecta la producción todavía es un desafío en el caso de Argentina. Sólo unos pocos estudios de impacto de la variabilidad y el cambio climático en la agricultura han sido llevados a cabo en Argentina, con foco en la respuesta del cultivo a emisiones de dióxido de carbono proyectadas. Magrin et al. (2014)

estudiaron el impacto del clima sobre los rendimientos en el pasado, hasta 1999. Letson et al. (2009) analizaron el efecto de una disminución en las precipitaciones en dos departamentos, Pilar y Pergamino. Bert et al. (2006) desarrollaron un modelo de simulación de cultivo y variabilidad climática para el maíz en un departamento, Pergamino. Barros (2015) explora el impacto de las crecidas fluviales y persistentes, pero no introduce una metodología de valuación. Más recientemente, Thomasz et al. (2017) verificaron que las sequías severas y extremas afectan la producción de soja en Argentina, diseñando una metodología de valuación a escala departamental, pero careciendo análisis de sensibilidad.

A pesar de que es sabido que las sequías generan pérdidas económicas importantes en la producción de soja, un modelo estandarizado que provea un análisis de sensibilidad para explicar en qué medida el agua afecta la producción sigue siendo un desafío.

Este trabajo propone un modelo confiable, estandarizado y replicable que pueda relacionar las pérdidas en la producción de soja con el agua. Uno de los principales objetivos del Ministerio de Agricultura de Argentina es la temprana estimación de las pérdidas en la producción de diferentes cultivos como una herramienta para administrar el riesgo agropecuario. En este sentido, tomando en consideración el ciclo de producción de la soja y la disponibilidad de información climática, la evaluación de impacto puede ser pronosticada entre 2 y 3 meses antes del fin de la campaña.

Materiales y Métodos

Información y datos

El área de estudio comprende 28 departamentos de la zona de producción agrícola núcleo de la República Argentina que disponen de una estación meteorológica territorial con suficientes datos agroclimáticos históricos para realizar análisis estadísticos de series temporales. Se consideraron las observaciones diarias de precipitaciones de 28 estaciones del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) distribuidas en todo el territorio argentino. Las series de precipitación acumulada mensual de dichas estaciones se obtuvieron sumando los valores diarios. Además, se consideraron los valores mensuales del SPEI para las mismas 28 estaciones de Argentina. Este índice ha demostrado ser útil para medir la intensidad y la duración de la sequía, así como para identificar el inicio y el final de los episodios de sequía (Vicente-Serrano et al. 2010). También se utilizaron datos diarios de las reservas hídricas en el suelo elaborados por la ORA para las mismas 28 estaciones meteorológicas. Las reservas hídricas en el suelo se obtienen mediante la ecuación propuesta por Forte Lay y Burgos (1993) e incluye la definición de evapotranspiración desarrollada por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 1978). Además, la definición tiene en cuenta la escorrentía subterránea y superficial y el estado actual de las condiciones del suelo, el cultivo sembrado y su ciclo de vida. En este estudio, se consideraron las reservas hídricas en el suelo para la soja. Para calcular el indicador, se utilizan datos diarios de precipitación, temperatura máxima y mínima, vientos de 10 metros, humedad relativa y heliofanía de estaciones meteorológicas convencionales. Los detalles de la metodología se resumen en Basualdo (2020).

La información sobre la producción de soja consiste en datos anuales de superficie sembrada, superficie cosechada, nivel de producción y rendimientos por departamento desde 1970 hasta 2020 cuya fuente es el Ministerio de Agricultura de Argentina. De la muestra total de datos de soja, se seleccionaron los 28 departamentos con una estación meteorológica de base territorial con suficientes información histórica para realizar el análisis de las series tempo-

rales. Se utilizan datos de soja de primera, que representó el 83% de la producción y el 78% de la superficie sembrada durante las últimas 20 campañas. La soja de segunda no se ha analizado dado que su desarrollo es reciente en el tiempo y tiene una superficie sembrada limitada, por lo que no hay datos suficientes para realizar el análisis estadístico que se presenta en este trabajo.

Metodología

La variable predictora en este estudio es el rendimiento de la soja, cuya variabilidad puede resumirse en dos factores principales: (i) variables tecnológicas como calidad del suelo, genética de la semilla y técnicas de manejo a nivel del productor y (ii) variables climáticas como temperatura media y máxima, precipitación acumulada y otras (Thomasz et al, 2019; Lobell y Burke, 2010; Rahman, 2005; Paltasingh et al, 2012; Chimeli et al, 2008).

A pesar de esta complejidad, los rendimientos tienden a mostrar un incremento general a lo largo del tiempo, lo que comúnmente se denomina "rendimiento tendencial" (Tannura, et al, 2008). La literatura acepta que esta estructura está relacionada con la incidencia de la tecnología (Irwin y Good, 2015, Tannura et al, 2008). Por lo tanto, se filtrará el rendimiento de la tendencia para centrar el análisis en los factores que explican la variabilidad aplicando una regresión lineal dependiente del tiempo.

Las relaciones entre el rendimiento de la soja sin tendencia (índice de soja) y las reservas hídricas del suelo se testean en tres etapas:

- i. Determinación del período crítico óptimo entre el índice de soja y las reservas hídricas del suelo seleccionando el nivel máximo de correlación mediante ventanas móviles de diferentes longitudes (30, 40, 50 y 60 días), desplazando cada ventana diez días entre el 1 de diciembre y el 30 de abril.
- ii. Construcción de una regresión lineal con la ventana temporal óptima del contenido de agua del suelo determinada en el primer paso.
- iii. Ejecutar una técnica Leave One Out Cross Validation e informar del error cuadrático medio para comprobar la robustez de la predicción.

Resultados

Los coeficientes de los valores de correlación se distribuyen del siguiente modo: 4 departamentos muestran correlaciones entre el 84% y el 80%, 12 se sitúan en el intervalo entre el 70% y el 80%, y 9 entre el 50% y el 70%. Los dos departamentos restantes están por debajo del 50%. El lapso que maximiza la correlación es consistente con la fenología de la soja, con un periodo crítico medio durante enero y febrero en todo el territorio.

Los resultados muestran que en 20 de los 26 departamentos el poder explicativo de la regresión es al menos del 50%, y en diez de ellas superior al 60%, lo

que significa que, en general, los cambios en el índice de rendimiento se explican en un 50% o más por los cambios en el contenido de agua del suelo. Por otra parte, el promedio de error del pronóstico se explica principalmente por la variabilidad estructural del modelo y los resultados son consistentes con la bondad de ajuste de los modelos estimados. Por lo tanto, el modelo es lo suficientemente robusto como para ser utilizado como estimación futura del rendimiento de la soja, dado el valor de reservas hídricas del suelo.

Conclusiones

La principal conclusión del análisis de regresión es que en la mayor parte de los casos el contenido de agua del suelo explica al menos el 50% de la variabilidad del rendimiento de la soja, con un máximo del 70% de poder explicativo en un departamento. Asimismo, se comprobó la capacidad de pronóstico mediante la técnica de Leave One Out Cross Validation y los resultados muestran que los modelos son lo suficientemente robustos como para generar pronósticos de un período, ya que el error se explica principalmente por la desviación estándar del índice de rendimiento.

De los resultados pueden derivarse al menos dos

aplicaciones potenciales. En primer lugar, el poder explicativo y la previsión pueden utilizarse para estimar el impacto económico de la campaña en curso, esto es útil para la asistencia agrícola de emergencia y para anticipar los impactos en las finanzas públicas macro y locales. En segundo lugar, el modelo podría utilizarse para diseñar seguros basados en índices. Disponer de un indicador objetivo y completo calculado con datos certificados con suficiente historial, fuente abierta y trazabilidad en el tiempo cumple con la mayoría de los requisitos esperados para una cobertura basada en índices.

Referencias bibliográficas

- Barros V. R., Boninsegna J. A., Camilloni I. A., Chidiak M., Magrín G. O. y Rusticucci M. (2015). Climate change in Argentina: trends, projections, impacts and adaptation. *WIREs Clim Change*, 6: 151-169. doi: 10.1002/wcc.316.
- Barros V.; Vera C., Agosta E., Araneo D.; Camilloni I., Carril A. F., Doyle M.E., Frumento O., Nuñez M., Ortiz de Zárate M.I., Penalba O., Rusticucci M., Saulo C., Solman S. (2014). Tercera Comunicación Nacional Sobre Cambio Climático. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Buenos Aires, Argentina.
- Basualdo, Adriana (2020). Balance hídrico diario para cultivos específicos. Oficina de Riesgo Agropecuario, República Argentina. http://www.ora.gob.ar/informes/Reservas_de_Agua_Metodologia_balance.pdf
- Bert, F., Satorre, E., Ruiz Toranzo, F., & Podestá G. (2006). Climatic information and decision-making in maize crop production systems of the Argentinean Pampas. *Agricultural Systems*, 88(2-3), 180–204. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2005.03.007>
- CEPAL. (2014). La economía del cambio climático en la Argentina. Primera aproximación. Impreso en Naciones Unidas. Santiago de Chile. Recuperado de <http://www.cepal.org/es/publicaciones/35901-la-economia-del-cambioclimatico-en-la-argentina-primera-aproximacion>
- Chimeli, A. B., De Souza Filho, F. D. A., Holanda, M. C., & Petterini, F. C. (2008). Forecasting the impacts of climate variability: lessons from the 97 rainfed corn market in Ceará, Brazil. *Environment and Development Economics*. 13(02), 201-227. doi:10.1017/S1355770X07004172
- Food and Agriculture Organization (FAO) (1978). Effective rainfall in irrigated agriculture. Chapter 3, Section 3: Potential Evapotranspiration/Precipitation Ratio Method (India). M-56ISBN 92-5-100272-X. Available at <http://www.fao.org/3/x5560e/x5560e00.htm#Contents>
- Forte Lay, J. A. y Burgos J. J. (1983). "Verificación de métodos de estimación de la variación del almacenaje de agua en suelos pampeanos". Actas del Taller Argentino-Estadounidense sobre sequías (CONICET-NSF), realizado en Mar del Plata entre el 4 y el 8 de Diciembre de 1978. Editor J. J. Burgos. Buenos Aires, Argentina. Pág. 162-180. Noviembre de 1983.
- Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2009). Model Assessment and Selection. In: *The elements of statistical learning: Data mining, Inference and prediction* (2nd. ed.). New York, NY: Springer New York, Springer Series in Statistics. 219–257.
- Irwin, S., & Good, D. (2015). Forming Expectations for the 2015 US Average Soybean Yield: What Does History Teach Us?. *Farmdoc daily* (5): 51. Department of Agricultural and Consumer Economics, University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Letson, D., Laciána, C., Bert, F., Weber, E., Katz, R., Gonzalez, X. and Podestá, G. (2009). "Value of perfect ENSO phase predictions for agriculture: evaluating the impact of land tenure and decision objectives." *Climatic Change* 97, no. 1-2: 145-170.
- Lobell, D. B., & Burke, M. B. (2010). On the use of statistical models to predict crop yield responses to climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150(11), 1443-1452. At: 10.1016/j.agrformet.2010.07.008.
- Magrín, G., C. Gay García, D. Cruz Choque, J.C. Giménez, A.R. Moreno, G.J. Nagy, C. Nobre and A. Villamizar, (2007) Latin America. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L.Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson. Cambridge, UK. Eds., Cambridge University Press, 581-615.
- Massot, J., Baez, G., Prieto, K., Petri, G., Argüero, L., Thomasz, E., Gayá, R., Fusco, M. (2016). Agroindustria, innovación y crecimiento económico en la Argentina. Ed.: EDICON. In Spanish.
- Murgida A. M., Travasso M. I., González S. y Rodríguez G. R. (2014). Evaluación de impactos del cambio climático sobre la producción agrícola en la Argentina. *Serie medio ambiente y desarrollo*. No. 155. Naciones Unidas. Santiago de Chile, Chile.
- Ordaz, J. L., Ramírez, D., Mora, J., Acosta, A., & Serna, B. (2010). Costa Rica: efectos del cambio climático sobre la agricultura. CEPAL, México DF.
- Ortiz de Zárate, M. J., Ramayon, J. J. y Rolla, A. L. (2014). Agricultura y Ganadería impacto y vulnerabilidad al cambio climático. Posibles medidas de adaptación. 3era comunicación nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático.
- Osman, M., Coelho, C.A.S. & Vera, C.S. (2021). Calibration and combination of seasonal precipitation forecasts over South America using Ensemble Regression. *Clim Dyn* <https://doi.org/10.1007/s00382-021-05845-2>
- Paltasingh, K. R., Goyari, P., & Mishra, R. K. (2012). Measuring weather impact on crop yield using aridity index: Evidence En: *Odisha. Agricultural Economics Research Review*, 25(2), 205-216.
- Rahman, M., Huq, M., Sumi, A., Mostafa, M., and Azad, M. (2005). Statistical Analysis of Crop-Weather Regression Model for Forecasting Production Impact of Aus Rice in Bangladesh. *International Journal of Statistical Sciences*. Vol 4, pp 57-77.
- Serrano V., Beguería S., López-Moreno J. I., (2010) A Multi-scalar drought index sensitive to global warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index - SPEI. *Journal of Climate* 23: 1696-1718.

Tannura, M.A., S.H. Irwin, and D.L. Good. "Weather, Technology, and Corn and Soybean Yields in the U.S. Corn Belt." Marketing and Outlook Research Report 2008-01, Department of Agricultural and Consumer Economics, University of Illinois at Urbana-Champaign, February 2008.

Thomasz, E.; Massot, J.; Rondinone, G. (2016). Is the interest rate more important than stocks? The case of agricultural commodities in the context of the financialization process. *Revista Lecturas de Economía*, N 85, Universidad de Antioquia. doi:10.17533/udea.le.n85a04

Thomasz, E., Casparri, M. (2015). Innovaciones Financieras para Adaptación al Riesgo Climático: el caso de las Coberturas basadas en Índices. Documento de Trabajo del Centro de Investigación en Métodos Cuantitativos Aplicados a la Economía y la Gestión (CMA), Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires.

Recovered at: http://www.economicas.uba.ar/institutos_y_centros/provul/

Thomasz, E., Vilker, A., & Rondinone, G. (2017). The economic cost of extreme and severe droughts in soybean production in Argentina.

Recovered at: <https://www.cya.unam.mx/index.php/cya>.

Thomasz, E., Eriz M., Vilker, A., Rondinone, G. Corfield, K. (2021). Resultados PDE: Proyección y monitoreo campaña soja 2021. Reporte Provul 1/2021.

Recovered at: http://www.economicas.uba.ar/institutos_y_centros/provul/

Thomasz, E., Eriz M., Vilker, A., Rondinone, G., Corfield K. (2020). Proyecciones soja campaña 2020/21. Reporte Provul 3/2020.

Recovered at: http://www.economicas.uba.ar/institutos_y_centros/provul/

IMPACTO ECONÓMICO DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA DE LA PROVINCIA DE CHACO

Maria Eugenia Quirolo ¹ ; Etelevina Gesualdo ² ; Laura Pellerano ³ ; José Roselló ³

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA, EEA Sáenz Peña

²Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA, AER Pinedo, Chaco

³Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA, EEA Colonia Benítez

quirol.eugenia@inta.gob.ar

Resumen

En la provincia del Chaco la producción agropecuaria se desarrolla bajo condiciones de gran variabilidad climática, con eventos recurrentes de inundaciones y sequías, asociados con el ciclo El Niño Oscilación Sur (ENOS) que causan constantes pérdidas de cosechas a los productores de la provincia (Banco Mundial, 2013). El presente trabajo tiene por objetivo evaluar los riesgos de pérdidas económicas directas en la producción primaria generadas por eventos de sequías y de excesos hídricos asociados al ciclo ENOS. El estudio se enfoca en la producción agrícola extensiva de algodón, soja, maíz y girasol de la Provincia del Chaco. Los resulta-

dos muestran que Las fases La Niña estarían asociados a rendimientos extremos altos y muy altos en algodón; a extremos altos, muy altos, y a extremos bajos en soja; y a rendimientos muy altos en maíz y girasol. Las fases El Niño estarían asociados a rendimientos normales en soja y maíz, y extremadamente bajos en girasol. Los años Neutros estarían asociados a rendimientos extremadamente bajos y muy bajos en algodón y extremadamente bajos en maíz.

Palabras clave: riesgo agropecuario – variabilidad climática – cultivos - rendimientos

Abstract

Agricultural production in Chaco province is carried out under conditions of strong climatic variability, with frequent events of floods and droughts, associated with the cycle El Niño Southern Oscillation (ENSO) that cause constant crop losses to the producers of the province (Banco World Cup, 2013). The objective of this work is to evaluate the risks of direct economic losses in primary production caused by drought and flood events associated with the ENSO cycle. The study focuses on the extensive agricultural production of cotton, soybeans, corn and sunflower in the Province of Chaco. The results show that the La Niña phases

would be associated with extreme high and very high performances in cotton; to high extremes, very high extremes, and low extremes in soybeans; and very high performances in corn and sunflower. The El Niño phases would be associated with normal actions in soybean and corn, and extremely low in sunflower. Neutral years would be associated with extremely low and very low yields in cotton and extremely low in corn.

Keywords: agricultural risk - climatic variability - crops - yields

Introducción

En el presente trabajo se analiza la variabilidad y tendencia de los rendimientos de los cultivos de algodón, soja, maíz y girasol en la provincia del Chaco. Se estudia la frecuencia e intensidad de rendimientos extremos, y se analiza la asociación entre rendimientos extremos y las fases del ciclo El Niño Oscilación Sur (ENOS). Posteriormente, se

analiza la variabilidad del Valor Bruto de la Producción (VBP) agrícola y la relación entre esta y las fases del ciclo ENOS. En la Tabla 1 se detalla los departamentos comprendidos en el estudio, la sub-región a la que pertenecen y las actividades productivas evaluadas.

Tabla 1. Área de estudio

ZAH	Sub-región	Departamentos	Actividades productivas
Centro-Oeste del Chaco	a. Agrícola del Centro	Comandante Fernández, Maipú, Quitilipi, Independencia	Algodón, Soja, Maíz, Girasol
	b. Agrícola del Oeste	12 de octubre 2 de abril 9 de julio Chacabuco General Belgrano	Algodón, Soja, Maíz, Girasol
	c. Mixta del Sudoeste	Fray J. S. Maria de Oro Mayor Luis J. Fontana O'Higgins San Lorenzo	Algodón, Soja, Maíz, Girasol
Noroeste del Chaco	d. Agrícola Forestal del Impenetrable	Almirante Brown General Güemes	Algodón, Soja, Maíz, Girasol
Mixta del Norte	e. Mixta Central Norte	Libertador Gral. San Martín	Algodón, Soja, Maíz

Materiales y métodos

Se utilizaron datos de producción y rendimiento de las Estimaciones Agrícolas de la Secretaría de Agricultura de la Nación para estimar las tendencias de los rendimientos de los cultivos de soja, algodón, maíz y girasol. Siguiendo la metodología presentada por Cabrini et. al (2021), se consideraron tres modelos mutuamente excluyentes:

1. Modelo sin tendencia

$$R_{ijt}=a_{ij}+e_{ij} \quad (1)$$

2. Modelo con tendencia lineal

$$R_{ijt}=a_{ij}+b_{ij} t+e_{ij} \quad (2)$$

3. Modelo con cambio de tendencia

$$R_{ijt}=a_{ij}+b1_{ij} t+b2_{ij} (t-t^*)+e_{ij} \quad (3)$$

Donde:

R_{ijt} es el rendimiento del cultivo i en el período j , en la campaña t ;

i es el set de actividades agrícolas

j es el set de departamentos, agrupados por zonas agroecológicas homogéneas (ZAH);

t es el set de campañas consideradas, que van desde 2000/01 al 2020/21;

t^* es el punto de cambio de tendencia, donde

$(t-t^*)_+=t-t^*$, si $t > t^*$ y 0 caso contrario.

Para cada departamento y cultivo se escogió el modelo de mejor ajuste a la serie de rendimientos, y con los desvíos estandarizados se construyeron indicadores de riesgo. Se definieron cuatro categorías de riesgo, de acuerdo a la magnitud de los desvíos estandarizados, de la siguiente manera:

- Extremadamente alto >2
- Muy alto >1.5 y <2
- Muy bajo <-1.5 y >-2
- Extremadamente bajo <-2

El riesgo fue medido como la proporción de departamentos provinciales con valores extremos de rendimientos en cada campaña.

Como indicador del ciclo ENOS se utilizó el Índice Niño Oceánico (ONI, por sus siglas en inglés), el estándar de facto que se utiliza para clasificar los eventos de El Niño (cálido) y La Niña (frío) en el Pacífico tropical oriental. Es la media de 3 meses de la anomalía de la temperatura superficial del mar para la región Niño 3.4 (5oN-5oS, 120o-170oW):

El Niño, si $ONI > 0,5^\circ$

Neutro, si $-4,99^\circ < ONI < 4,99^\circ$

La Niña, si $ONI < -5^\circ$

Análisis de Correspondencia

Establecidas las frecuencias de rendimientos y eventos ENOS se realizó un Análisis de Correspondencia (AC) entre dichas variables. El Análisis de Correspondencia (Benzécri, 1977) es una técnica estadística exploratoria que se utiliza para representar gráficamente las relaciones de dependencia e independencia de un conjunto de variables

categorías a partir de los datos de una tabla de contingencia. La existencia o no de algún tipo de relación entre las variables X e Y .

Y se analiza mediante contrastes de hipótesis sobre la independencia de dichas variables, generalmente el estadístico χ^2 de Pearson.

¹ Elaborado por la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica del Departamento de Comercio Unidos (NOAA).

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \frac{(N_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}} \quad (4)$$

Donde: $E_{ij} = N_i \cdot N_j / N$ es la cantidad esperada de casos. A mayor discrepancia entre la cantidad esperada E_{ij} y la cantidad observada N_{ij} de casos, mayor es el valor del indicador χ^2 , y más información se tiene de que las dos variables están relacionadas.

Estimación las pérdidas en el Valor Bruto de la Producción (VBP) por eventos climáticos extremos

Se utilizó una versión parcial de la metodología de FAO (2017) para estimar las pérdidas en el VBP. Esta metodología tiene en cuenta tanto el daño como las pérdidas acumuladas. El Valor de la producción perdida (excluidos los productos almacenados) se calculó como la diferencia entre el VBP esperado y el VBP real para todas las actividades productivas. Para las actividades agrícolas se utilizó la fórmula:

$$\text{Perdida VBP} = (p_{i,t} - p_{i,t-1}) * \Delta y_{i,t} * ha_{i,t} \quad (5)$$

Donde:

i es el set de las actividades

$p_{i,t}$ es el precio realizado en el mes de cosecha de cada campaña

$p_{i,t-1}$ es el precio al momento de la siembra del cultivo, utilizado como proxy de precio esperado.

$\Delta y_{i,t}$ es la diferencia entre el rendimiento tendencial y el rendimiento real, obtenido en cada período

$ha_{i,t}$ es la superficie total, medida en hectáreas, implantada con cada cultivo.

138,2 kg/ha. año-1. Los cambios de tendencia se produjeron entre las campañas 2010/11 y 2012/13 en la Zona Mixta del Sudoeste; entre 2013/14 y 2014/15 en las Zonas Agrícola del Oeste y en el

Impenetrable; y en la campaña 2014/15 en la Zona Agrícola del Centro. En cultivo de maíz, el Modelo 2 de rendimientos "con tendencia" resultó estadísticamente significativo en el 100% de los Departamentos. La tendencia promedió los 175 kg/ha.año-1 entre todas las zonas, salvo la Mixta del Norte, que presentó una tendencia promedio de 72 kg/ha.año-1. En soja y girasol, en cambio resultó significativo el Modelo 1 de rendimientos "sin tendencia" en todos los Departamentos analizados. El rendimiento promedio osciló entre 1,780 y 2,126 kg/ha.año-1, dependiendo de la zona; y el rendimiento medio de Girasol se ubicó en 1.567 kg/ha.año¹

² En la metodología FAO daño se define como el costo de sustitución y/o de reparación, total o parcial, de activos físicos y existencias destruidos por el desastre. La pérdida se refiere a los cambios en los flujos económicos que surgen directamente del desastre y se acumulan dentro del ciclo agrícola que coincide con el desastre (esto incluye disminuciones en la producción de cultivos, ganado, pesca, acuicultura y silvicultura). En este trabajo se estimaron únicamente las pérdidas en el VBP, sin considerarse los daños.

Cuadro 1. Algodón. Resultados de los modelos de regresión de los rendimientos

		Agrícola Central	Agrícola Oeste	Impenetrable	Mixta Norte	Mixta Sudoeste
Cantidad de Departamentos		4	5	2	1	4
Modelo sin tendencia	25%	0	2	0	1	1
Modelo con tendencia	0%	0	0	0	0	0
Modelo con cambio de tendencia	75%	4	3	2	0	3
Rendimiento base promedio (kg/ha año-1)		1.342	1.247	1.348	1.076	1.265
Tendencia Promedio (kg/ha año-1)		-	-	-	-	-
Tendencia Promedio 1er período		- 9,4	7,6	2,4	-	4,5
Tendencia Promedio 2do período		182,9	101,6	83,4	-	85,1
Año de cambio de tendencia		2014/15	2012/13 2014/15	2012/13 2014/15		2010/11 2011/12 2012/13
Rendimiento promedio estimado 2022/23	(kg/ha año-1)	2.589	1.872	3.024	1.076	1.868

Cuadro 2. Soja. Resultados de los modelos de regresión de los rendimientos

		Agrícola Central	Agrícola Oeste	Impenetrable	Mixta Norte	Mixta Sudoeste
Cantidad de Departamentos		4	5	2	1	4
Modelo sin tendencia	100%	4	5	2	1	2
Modelo con tendencia		0	0	0	0	2
Modelo con cambio de tendencia		0	0	0	0	0
Rendimiento base promedio (kg/ha año-1)		1.793	2.084	1.937	1.780	1.722
Tendencia promedio (kg/ha año-1)		-	-	-	-	35
Rendimiento promedio estimado 2023	(kg/ha año-1)	1.793	2.084	1.937	1.780	2.126

Cuadro 3. Maíz. Resultados de los modelos de regresión de los rendimientos

	Agrícola Central	Agrícola Oeste	Impenetrable	Mixta Norte	Mixta Sudoeste
Cantidad de Departamentos	4	5	2	1	4
Modelo sin tendencia	0	0	0	0	0
Modelo con tendencia 100%	4	5	2	1	4
Modelo con cambio de tendencia	0	0	0	0	0
Rendimiento base promedio (kg/ha año-1)	1.931	1.853	1.739	2.508	1.768
Tendencia Promedio (kg/ha año-1)	145,7	199	173,1	72	182
Rendimiento promedio estimado 2023	5.283	6.430	5.722	4.171	5.952

Cuadro 4. Girasol. Resultados de los modelos de regresión de los rendimientos

	Agrícola Central	Agrícola Oeste	Impenetrable	Mixta Norte	Mixta Sudoeste
Cantidad de Departamentos	4	4	1	0	4
Modelo sin tendencia 100%	4	4	1	0	4
Modelo con tendencia	0	0	0	0	0
Modelo con cambio de tendencia	0	0	0	0	0
Rendimiento base promedio (kg/ha año-1)	1.524	1.627	1.624	-	1.491
Rendimiento promedio estimado 2023 (kg/ha año-1)	1.524	1.627	1.624		1491

Los residuos de las regresiones de los rendimientos se usaron para construir indicadores de riesgo para cada cultivo. El cultivo de algodón, como se puede ver en la Figura 1, presenta mayor frecuencia de rendimientos extremos (13 de 21 campañas, 62%), pero estos son de baja "intensidad" (máximo 38%). Soja y maíz (Figuras 2 y 3) tienen rendimientos

extremos con menor frecuencia, 38% y 33%, respectivamente, pero de mayor alcance (69%). En girasol (Figura 4), la frecuencia es aún más baja, 29%, pero el alcance es mucho más amplio; pérdidas que llegan a alcanzar al 100% de los departamentos

Figura 1. Algodón. Proporción de departamentos con rendimientos extremos.

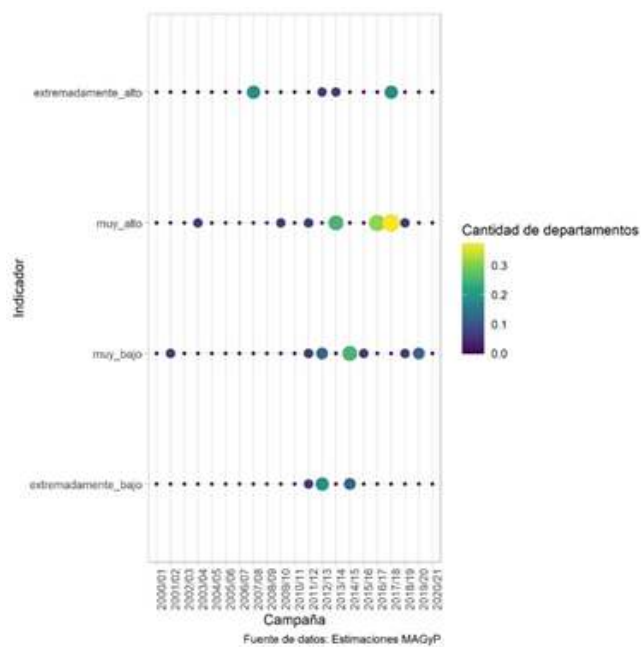


Figura 2. Soja. Proporción de departamentos con rendimientos extremos.

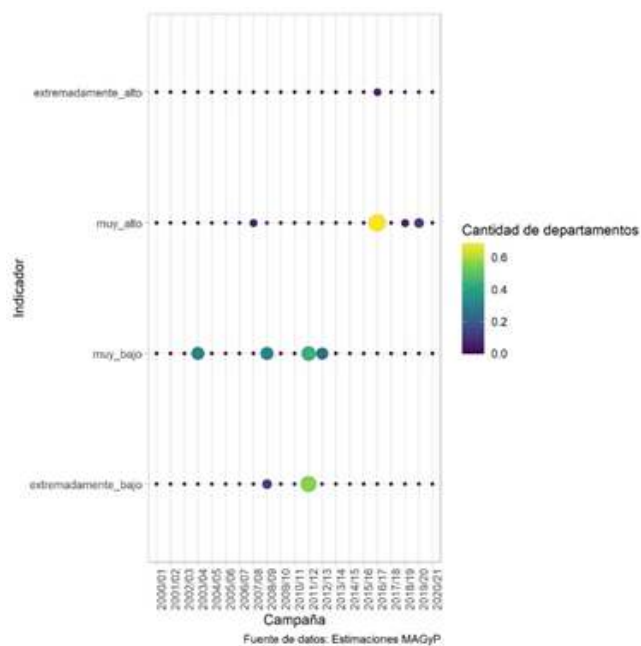


Figura 3. Maíz. Proporción de departamentos con rendimientos extremos.

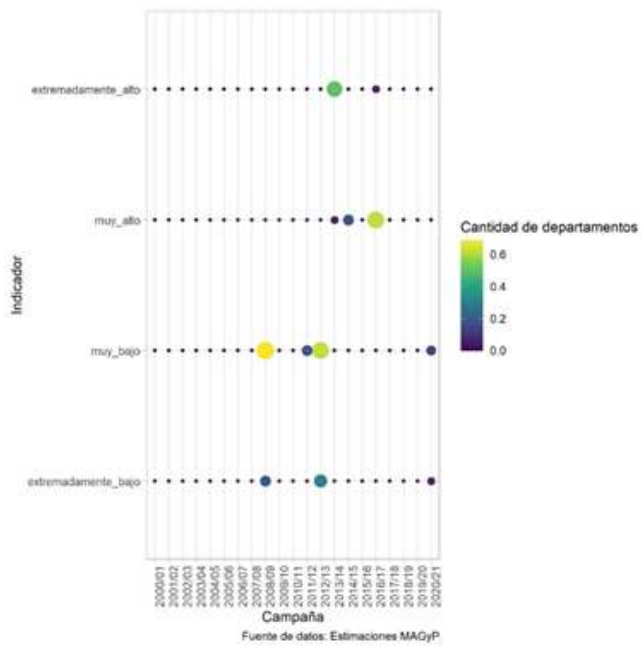
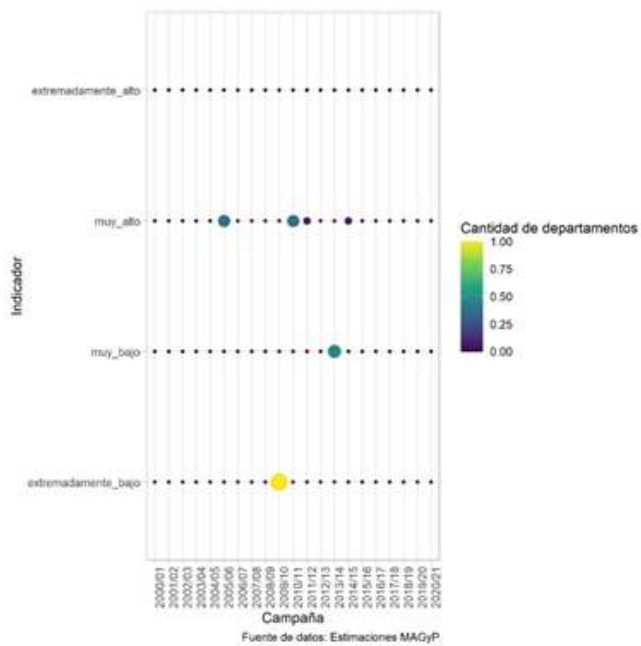


Figura 4. Girasol. Proporción de departamentos con rendimientos extremos



Al realizarse la prueba de hipótesis de independencia entre "Rendimientos" y "ENOS", los estadísticos χ^2 obtenidos permiten rechazar la hipótesis nula con una alta significancia estadística (p-valores cercanos a cero). Nótese en el Cuadro 5, que el valor del estadístico χ^2 es de mayor magnitud en soja, maíz y girasol, lo que indicaría que en esos cultivos hay una mayor discrepancia entre la

proporción esperada (hipótesis de independencia es verdadera) y la proporción observada de casos co-ocurrentes; brindando más información de que las dos variables están relacionadas. Asimismo, la misma hipótesis nula fue testeada bajo la prueba exacta de Fisher, arribando a los mismos resultados

Cuadro 5. Test Chi cuadrado y Prueba Exacta de Fisher

H ₀ : independencia entre las variables 'Rendimientos' y 'ENOS'				
	Algodón	Soja	Maíz	Girasol
Chi cuadrado de Pearson				
χ^2	18,60	43,44	50,73	50,77
gl	8	8	8	6
p-valor	0.01714	0,000727	0,0000000296	0,00000330
Test exacto de Fisher p-valor	0.004236	0,000001	0,000001	0,000001

En el Cuadro 6 se resume la información sobre los valores propios y las contribuciones a la inercia total de cada una de las dimensiones estimadas. En todos los cultivos, las dos primeras dimensiones explican el 100% de las dependencias entre las variables; en promedio, la primera dimensión explicó el 77% de la inercia, y la segunda, del 23% restante. En cuanto a los valores propios (vp), el cultivo de girasol fue el que tuvo el vp más elevado, superior a 0,18; seguido por maíz, 0,15; y soja, 0,135. El vp de algodón resultó ser el más bajo entre

todos, con un valor cercano a 0,05. De acuerdo a Benzécri (1977), un vp muy elevado (por ejemplo, de 0,8) muestra una dicotomía en los datos, indicando que hay observaciones que pertenecen a la misma sub-categorías. Cuando los vp son bastante más bajos, como sucede en este caso, hay una dispersión débil de los perfiles (fila y/o columna) de cada variable. Sin embargo, dice Benzécri, el análisis no es menos significativo por esto: las diferencias de formas pueden ser reales e interpretables; pero son de poca amplitud.

Cuadro 6. Inercias principales (eigenvalores)

Dimensión	Algodón		Soja		Maíz		Girasol	
	Valores propios	%	Valores propios	%	Valores propios	%	Valores propios	%
1	0.043528	78.6	0.112211	82.7	0.113584	75.2	0.131291	71.9
2	0.011836	21.4	0.023524	17.3	0.037395	24.8	0.051326	28.1
Total	0.055364	100	0.135735	100	0.150978	100	0.182617	100

Nota: valores expresados en tanto por mil

El análisis de los biplot (Figuras 6 a 9) muestra que las fases La Niña estarían asociados a rendimientos extremos altos y muy altos en algodón; a extremos altos, muy altos, y a extremos bajos en soja; y a rendimientos muy altos en maíz y girasol. Las fases El Niño estarían asociados a rendimientos

normales en soja y maíz, y extremadamente bajos en girasol.

Los años Neutros estarían asociados a rendimientos extremadamente bajos y muy bajos en algodón y extremadamente bajos en maíz.

Figura 6. Biplot de algodón

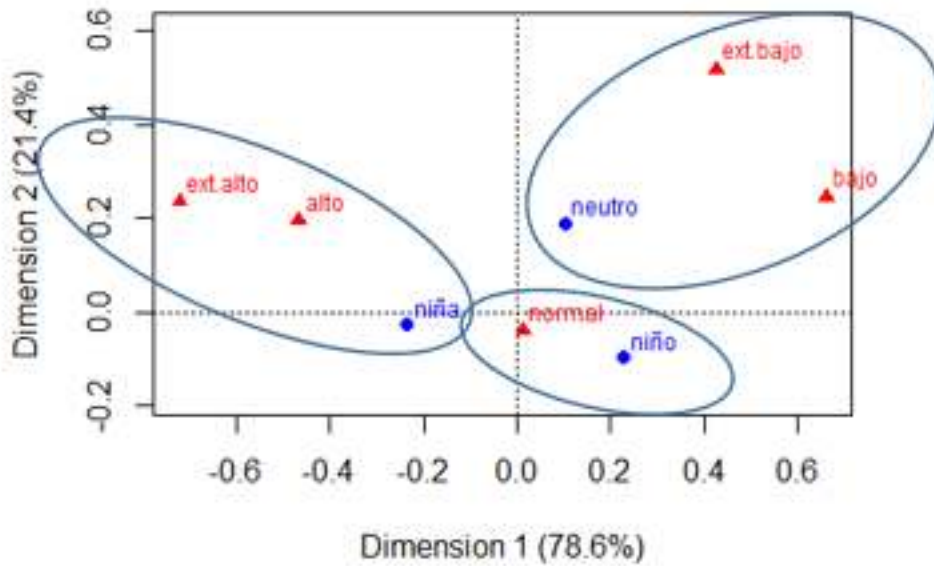


Figura 7. Biplot de Soia

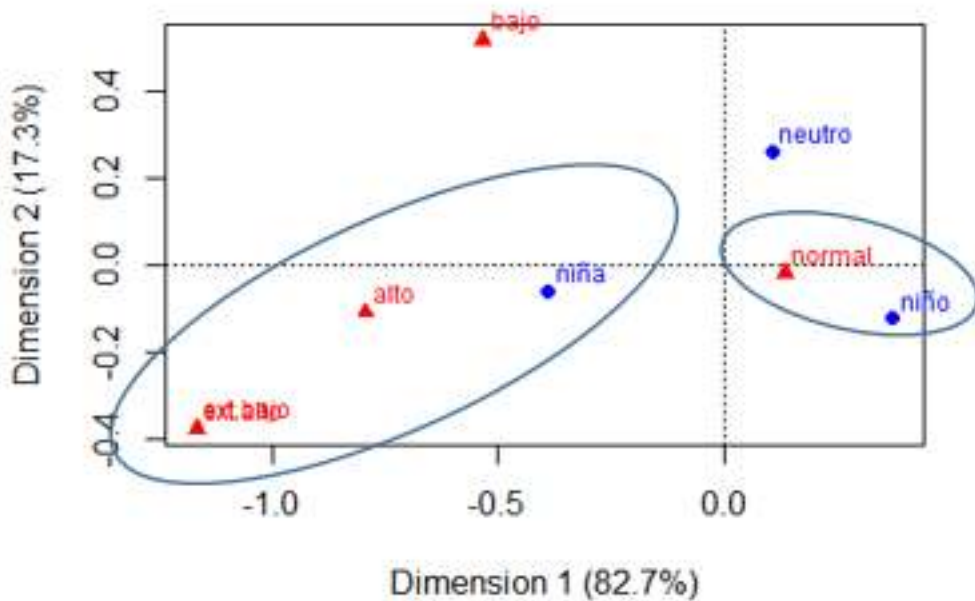


Figura 8. Biplot de maíz

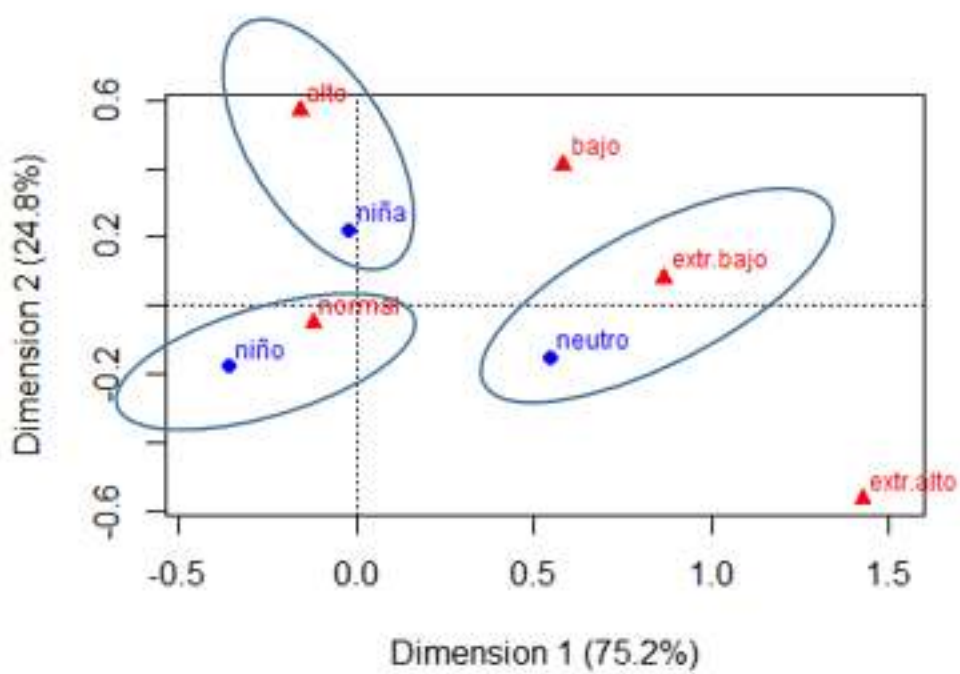
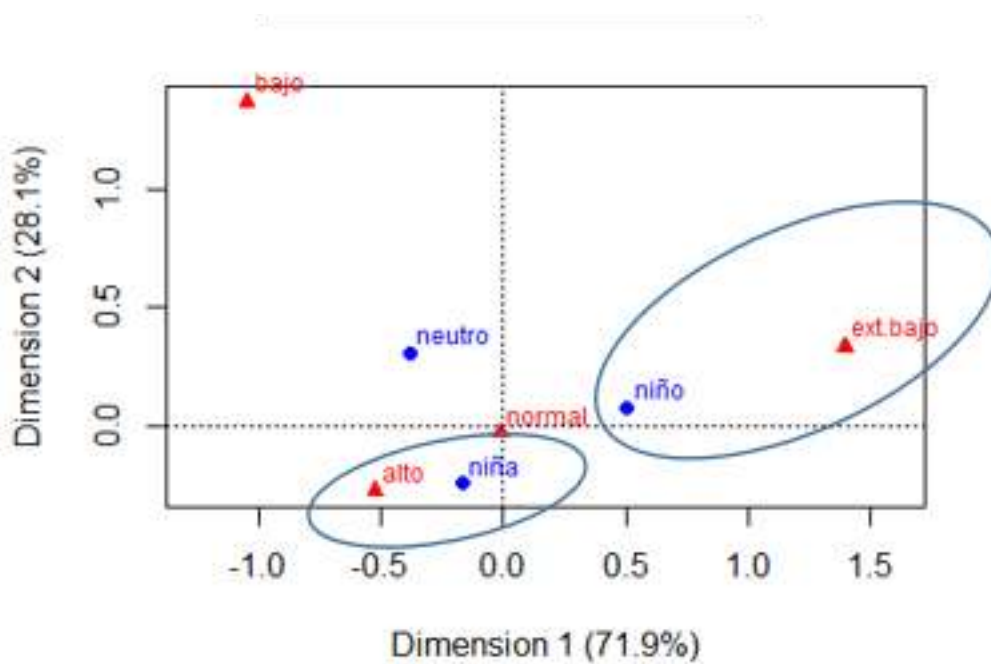


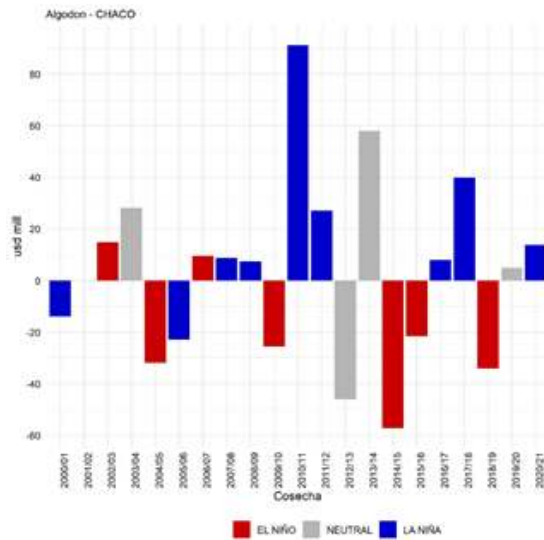
Figura 9. Biplot de girasol



Confirmada la interdependencia entre las fases del ciclo ENOS y los rendimientos extremos de algodón, soja, maíz y girasol, se estimaron las ganancias y pérdidas del valor bruto de la producción (VBP) con respecto al VBP esperado, y se relacionó tales pérdidas y ganancias con las distintas fases del ciclo ENOS. De las 21 campañas agrícolas analizadas, siete atravesaron la fase El Niño,

nueve La Niña, y cinco años fueron Neutro. Algodón (Figura 10). En 12 de 21 campañas (57%) el VBP real estuvo por encima del VBP esperado, y en 9 campañas (43%), estuvo por debajo.
 ☒ Ganancias: el 58% se produjeron en fases La Niña, el 17% en fases El Niño, y 25% en años Neutro.
 ☒ Pérdidas: el 56% se dieron en fases El Niño, el 22% La Niña y el 22% fueron años Neutro

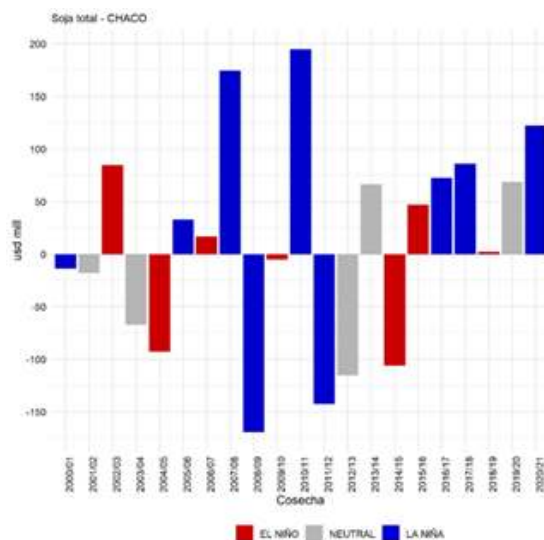
Figura 10. Algodón. Pérdidas y ganancias de VBP por campaña, y su relación con fases ENOS



Soja (Figura 11). En 12 de 21 campañas (57%) el VBP real estuvo por encima del VBP esperado, y en 9 campañas (43%), estuvo por debajo.
 . Ganancias: fueron en un 50% fase Niña, en un 33%

fase Niño, y 17% en Neutro.
 . Pérdidas: las campañas se repartieron por igual, en un 33%, entre años Niño, Niña y Neutro.

Figura 11. Soja. Pérdidas y ganancias de VBP por campaña, y su relación con fases ENOS



Maíz (Figura 12). En 11 de 21 campañas (52%) el VBP real estuvo por encima del VBP esperado, y en 10 campañas (48%), estuvo por debajo.

- . Ganancias: fueron en un 45% fase Niña, en un 36% fase Niño, y 18% en Neutro.
- . Pérdidas: 40% en fase Niña, 30% en fase Niño y 30% en años Neutro.

Girasol (Figura 13). En 12 de 21 campañas (52%) el VBP real estuvo por encima del VBP esperado, y en 9 campañas (48%), estuvo por debajo.

- . Ganancias: 42% en fase Niña; 33% en fase Niño; 25% en años Neutro.
- . Pérdidas: 44% en fase Niña; 33% en fase Niño; 22% en años Neutro.

Figura 12. Maíz. Pérdidas y ganancias de VBP por campaña, y su relación con fases ENOS

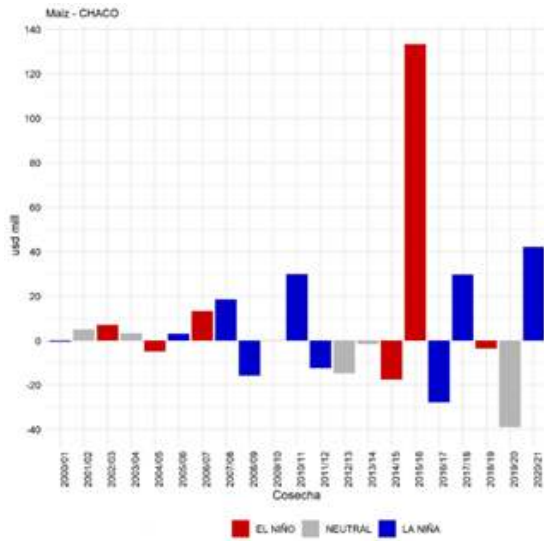
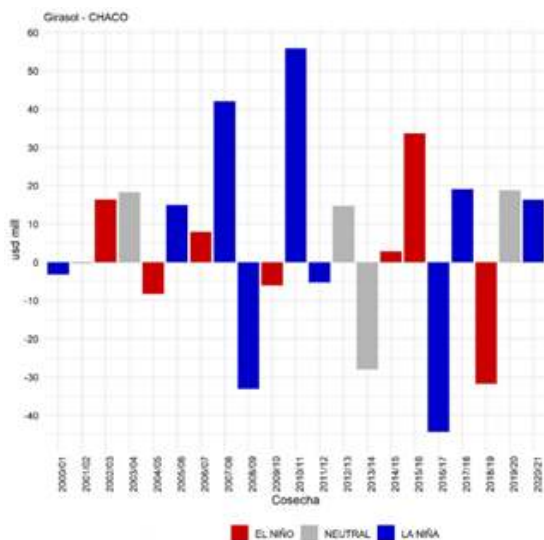


Figura 13. Girasol. Pérdidas y ganancias de VBP por campaña, y su relación con fases ENOS



Conclusiones

- . El cultivo de algodón presenta mayor frecuencia de rendimientos extremos (13 de 21 campañas, 62%), pero estos son de baja “intensidad” (máximo 38%).
- . Soja y maíz tienen rendimientos extremos con menor frecuencia, 38% y 33%, respectivamente, pero de mayor alcance (69%).
- . En girasol, la frecuencia es aún más baja, 29%, pero el alcance es mucho más amplio; pérdidas que llegan a alcanzar al 100% de los departamentos.
- . Las fases La Niña estarían asociadas a rendimientos extremos altos y muy altos en algodón; a extremos altos, muy altos, y a extremos bajos en soja; y a rendimientos muy altos en maíz y girasol.
- . Las fases El Niño estarían asociadas a rendimientos normales en soja y maíz, y extremadamente bajos en girasol.
- . Los años Neutros estarían asociadas a rendimientos extremadamente bajos y muy bajos en algodón y extremadamente bajos en maíz.

Referencias bibliográficas

- Banco Mundial. (2013). CHACO Cotton Agricultural Insurance Feasibility Study Final Report.
- Benzécri, J.-P. (1977). El análisis de correspondencias. *Cahiers de l'analyse des données*, 2(2), 125-142.
- Cabrini, S. M., Fillat, F., Gattinoni, N., Ibern, D., Marino, M., Alvarez, R., Martin, G., Paolilli, C., Urcola, H., & Iurman, D. (2021). Variabilidad, tendencia y eventos extremos en los rendimientos agrícolas a nivel partido en la provincia de Buenos Aires. *Indicadores económicos e informes técnicos*. INTA EEA Pergamino, N°2, 87-95.
- Cuadra, D. E., & Mónaca, N. A. (2016). El centro-sudoeste de la provincia del chaco (argentina): un bastión agrícola. *Revista Geográfica Digital*. IGUNNE. Facultad de Humanidades. UNNE, Año 13(26).
- FAO. (2017). The impact of disasters and crises on agriculture and food security. Food and Agriculture Organization of the United Nations.



EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS PÉRDIDAS DE PRODUCCIÓN POR HELADAS EN LOS OASIS DE LA PROVINCIA DE MENDOZA E IDENTIFICACIÓN DE EVENTOS EXTREMOS

MARÍA EUGENIA VAN den BOSCH

EEA Mendoza, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

vandenbosch.maria@inta.gob.ar

Resumen

Las heladas tardías y tempranas constituyen una de las principales amenazas a la sustentabilidad de los sistemas agrícolas de Mendoza; constituyen un factor de disturbio de las previsiones productivas, si bien constituye un evento de naturaleza aleatoria, la distribución espacial y los niveles de intensidad (y de daño) presentan aspectos diferenciales según la zona. El objetivo del presente fue evaluar las pérdidas económicas en los cultivos y determinar frecuencia y magnitud de los fenómenos extremos, recurriendo como fuente de información primaria los registros de denuncias de estos siniestros. En

esta etapa se calcularon las pérdidas económicas atribuibles al impacto de las heladas, mayoritariamente tardías y se identificaron los fenómenos que por su impacto se calificaron como extremos. Esto permitió calificar a los distintos departamentos según su riesgo y la ocurrencia de eventos extremos como así también el comportamiento de cada campaña desde 1993 hasta 2019 y generar modelos tendenciales de estos fenómenos.

Palabras clave: heladas, riesgo, eventos extremos, evaluación económica

Abstract

Late and early frosts constitute one of the main threats to the sustainability of agricultural systems in Mendoza; they constitute a factor of disturbance of the productive forecasts, although they constitute events of a random nature, the spatial distribution and the levels of intensity (and damage) present differential aspects according to the zone. The objective of this work was to assess economic losses in the crops and determine the frequency and magnitude of extreme phenomena, resorting as primary source of information to the records of complaints of these disasters. In this stage, the

economic losses attributable to the impact of the frosts, mostly late frosts, were calculated, and the phenomena that were classified as extreme due to their impact were identified. This data let us to qualify the different departments according to their risk and the occurrence of extreme events, as well as the behavior of each campaign from 1993 to 2019, and generate trend models of these phenomena.

Keywords: frosts, risk, extreme events, economic assessment

Introducción

El agroecosistema bajo riego de la provincia de Mendoza, caracterizado por sistemas de producción intensivos, está expuesto a varias contingencias climáticas siendo las tormentas graniceras y las heladas las más frecuentes.

La orografía determina asimismo una distribución espacialmente heterogénea. Constituyen eventos de baja probabilidad (mayor que en el caso del granizo) y de alto impacto, muchas veces evidenciable recién en el momento de la cosecha, al registrar mermas en la productividad. Una helada meteorológica ocurre cuando la temperatura desciende en la estación por debajo de 0°C. La incidencia señala la cantidad de eventos presentes, mientras que la intensidad es un indicador de la potencia (en este caso el nivel de descenso por debajo de 0°C). La peligrosidad o amenaza es un fenómeno, actividad humana o condición peligrosa con potencialidad de ocasionar daños. Es un atributo intrínseco del fenómeno entendido como la conjugación de incidencia e intensidad (Alwang et al., 2001).

La vulnerabilidad es la calidad o estado de ser potencialmente lesionado en sus capacidades y la exposición constituye el nivel de vulnerabilidad o nivel de desventaja determinados por su localización o estacionalidad (Brooks, 2003). Semejante a la susceptibilidad de afrontar un fenómeno adverso, ésta está determinada por las características y las circunstancias del sistema, que lo hacen más o menos susceptible a los efectos dañinos que podría producir una amenaza particular. El estado fenoló-

gico de cada especie constituye un factor crítico de estos atributos. Los cultivos cuyanos son resistentes al frío extremo durante la dormición invernal y esta propiedad se va reduciendo paulatinamente durante los procesos de brotación, floración y fructificación. Así se pueden observar vulnerabilidades diferenciales tanto por la variedad, como por razones ecofisiológicas.

El riesgo es:

“la probabilidad de que ocurra un daño o una pérdida de carácter económico, social o ambiental sobre un elemento dado (personas, elementos materiales o ambientales) en un determinado sitio y en un periodo determinado” (Basualdo, Berterretche & Vila, 2015:16).

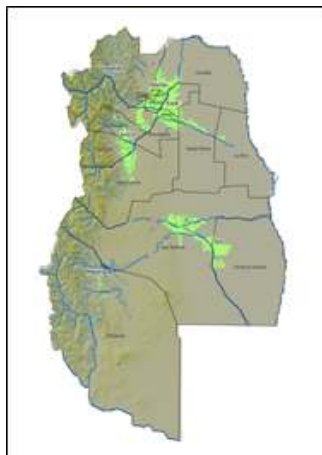
Constituye el indicador compuesto que conjuga la peligrosidad del evento con la vulnerabilidad de los sistemas agropecuarios y puede evaluarse a través de las pérdidas ocasionadas por el evento (Adger et al., 2004).

Este trabajo aspira a realizar una estimación de las pérdidas económicas ocasionadas por las heladas de naturaleza extrema a escala de los departamentos con actividad agropecuaria relevante de la provincia de Mendoza recurriendo como principal fuente de información los registros de daños. Constituye la continuación de la evaluación de los daños por granizo, con procedimientos similares aplicados a este fenómeno (Van den Bosch, 2022).

Metodología

Los oasis de la provincia de Mendoza. Un agroeco- sistema diversificado y heterogéneo

Figura 1 Provincia de Mendoza. Departamentos y oasis bajo riego.



La proporción de sistemas productivos varía según el departamento, los más frecuentes corresponden a viñedos, frutales de carozo, pepita, nogales y

olivos y el resto son fundamentalmente cultivos hortícolas. La Tabla 1 refleja los valores correspondientes al final del periodo analizado.

Tabla 1 Provincia de Mendoza. Superficie implantada por grupo de cultivos. 2018

Cultivo	Ha	EAP
Vid	131.184	8.939
Olivo	15.825	2.127
Frutales de carozo	15.246	3.629
Frutales de pepita	4.880	278
Nogales	5.874	566
Almendros	2.494	135
Hortalizas	32.638	3.115
Otros	58.498	
TOTAL	266.639	*

Fuente: CNA2018 * No se consigna el total porque no corresponden a categorías excluyentes

Las fuentes de información para el cálculo de las estimaciones

Los informes de la Dirección de Agricultura y Contingencias Climáticas (DACC) del Gobierno de Mendoza constituyeron la fuente de datos; cuyo resumen se publica desde 1993 a escala departamental. Esta información discrimina las pérdidas de producción en tres estratos: menos del 50%, 50% -79% y 80% y más de daños; además informa las pérdidas por grupo de cultivos (vid, frutales, hortalizas y otros); estos datos permitieron estimar para

cada departamento, ciclo productivo y grupo de cultivos el volumen de la producción perdida, recurriendo a rendimientos promedio de cada zona y calculando una media ponderada cuando se trate de agrupamientos (parral y espaldero, distintos frutales, etc.).

Así el cálculo de las pérdidas en volúmenes fijos se realizó de la manera siguiente de acuerdo a la ecuación 1:

$$1. \quad KG_{aic} = \sum_{d=1}^3 A_{adci} * R_{ac}$$

KG_{aic} = Volumen físico de la producción perdida en el departamento a para el cultivo c en el año i (kg).

A_{adci} = Superficie declarada del cultivo c en el año i en el departamento a para cada nivel de daño d (ha).

R_{ac} = Rendimiento promedio del cultivo c en el departamento a (kg/ha).

La valoración económica se realizó recurriendo a un precio promedio de serie ponderada y actualizada obteniendo un solo indicador anual como se presenta en la ecuación 2.

$$2. \quad V_{aci} = KG_{aic} * P_{ac}$$

V_{aci} = Valor monetario de la producción perdida en el departamento a para el cultivo c en el año i (\$).

KG_{aic} = Volumen físico de la producción perdida en el departamento a para el cultivo c en el año i (kg).

P_{ac} = Precio promedio pagado al productor de la producción del cultivo c en el departamento a (\$/kg).

Las pérdidas económicas de la producción por departamento son el resultado de agregar los valores perdidos de los cultivos (Ecuación 3)

$$3. \quad V_{ai} = \sum_{c=1}^4 V_{aci}$$

Vai = Valor monetario de la producción perdida en el departamento a para todos los cultivos en el año i (\$).
Vaci = Valor monetario de la producción perdida en el departamento a para el cultivo c en el año i (\$).
Valor bruto de la producción anual (VBP) tiene en cuenta la dinámica de los cultivos durante la serie. El VBP resulta del producto de la superficie cultivada de cada especie/s por los rendimientos por su precio promedio de acuerdo a lo expresado en la ecuación 4:

$$4. \quad VBP = \sum_{c=1}^4 SUP_{aci} * R_{ac} * P_{ac}$$

VBpai = Valor Bruto de la Producción anual del departamento a para el año i.
SUPaci = Superficie implantada del cultivo c en el año i en el departamento a.
Rac = Rendimiento promedio del cultivo c en el departamento a.
Pac = Precio promedio del producto del cultivo c en el departamento a.

Construcción de la base de datos y su procesamiento

Se consideró un evento como extremo -altas pérdidas- cuando éstas son superiores a 1,5 desvíos de los promedios departamentales anuales y muy extremas – muy altas pérdidas- cuando superan el doble de este promedio. Estos datos fueron luego procesados en RStudio© para su análisis y visualiza-

ción. En primera etapa se evaluó el nivel de significancia de los modelos mediante un test de tendencia y para los departamentos donde los indicadores arrojan valores significativos se recurren a los modelos ajustados a la mejor función.

Resultados

En la Tabla 2 se observan la diversidad de resultados entre los departamentos, siendo notables las diferencias espaciales y su vinculación con fenómenos de naturaleza extrema. Las pérdidas promedio constituyen un indicador directo del riesgo, variable que puede ser explicada por razones geográficas en los casos de General Alvear y San Rafael, localizados a mayor latitud que el resto y más expuesto a frentes de origen polar u orográficas como es el caso de Tunuyán. Los departamentos de San Carlos y Malargüe presentan históricamente altos niveles de peligrosidad, pero bajos valores de riesgo atribuible a las respuestas adaptativas orientadas al cultivo de especies poco vulnerables o

épocas de cultivo que reducen la exposición como aliáceas o forestales.

Estos valores se originan en las denuncias de daños de los productores y no contemplan frecuentemente daños no observables en tiempo real, por ejemplo, la falta de cuaje en viñedos o la falta de peso de los racimos, por lo tanto, los valores pueden estar subvaluados.

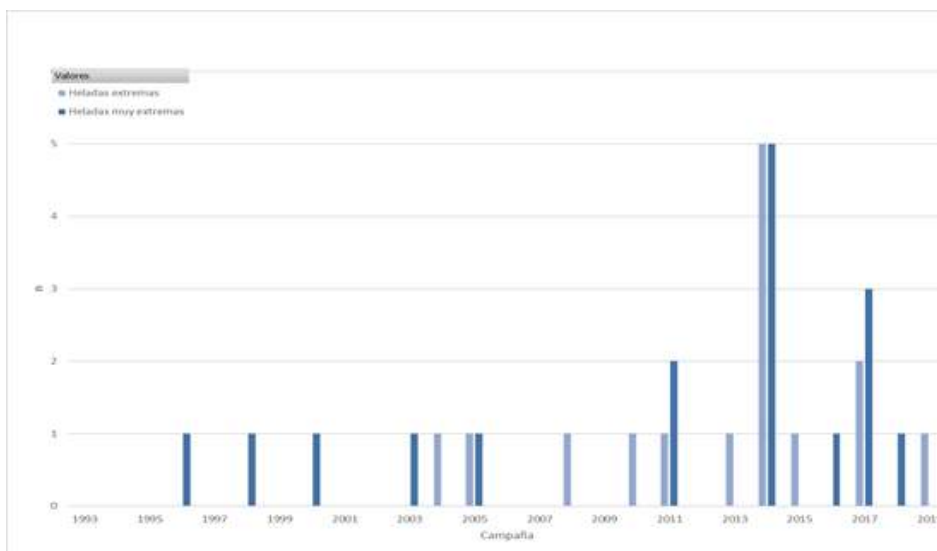
El Gráfico 1 describe la evolución de los fenómenos extremos observándose en las últimas fases del periodo de análisis mayor concentración en menor número de años, factor que puede asignarse tanto a cambios ambientales, pero también mayor tendencia a efectuar la denuncia.

Tabla 2 Provincia de Mendoza. Pérdidas relativas del Valor Bruto de la Producción por heladas por departamento. Serie 1993 -2019

Departamento	Pérdida promedio	Frecuencia eventos extremos	Frecuencia eventos muy extremos
Gral. Alvear	25%	2	1
Guaymallén	0%	0	0
Junín	4%		1
La Paz	11%	4	
Las Heras	2%		1
Lavalle	2%		2
Luján de Cuyo	1%		1
Maipú	1%		2
Malargüe	3%		1
Rivadavia	4%	2	1
San Carlos	3%	2	1
San Martín	4%		2
San Rafael	10%	3	1
Santa Rosa	8%	1	
Tunuyán	10%	1	2
Tupungato	4%	0	1
TOTAL	6%	15	17

Fuente: elaboración propia en base a series de la DACC

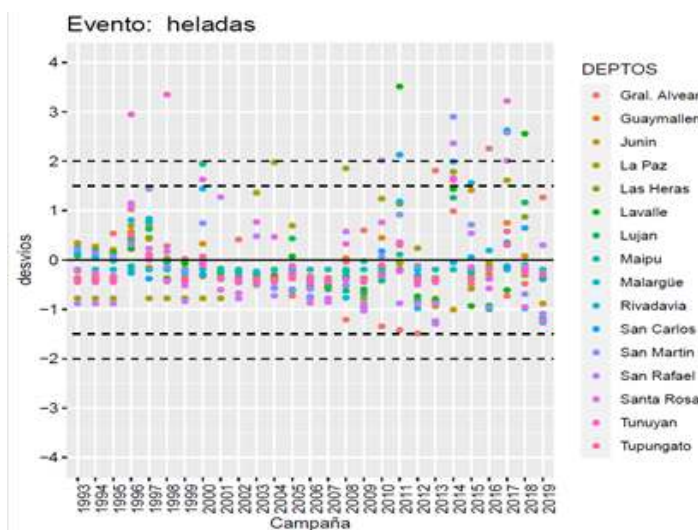
Gráfico 1 Provincia de Mendoza. Evolución de eventos de helada extremos y muy extremos por campaña 1993-2019



Fuente: Elaboración propia en base a series de la DACC

En el Gráfico 2 se presentan los desvíos de las pérdidas extremas en consonancia con los datos presentados en la Tabla 1. En el Gráfico 2 se presentan los desvíos de las pérdidas relativas por campaña y los umbrales que califican a estos valores como extremos y muy extremos.

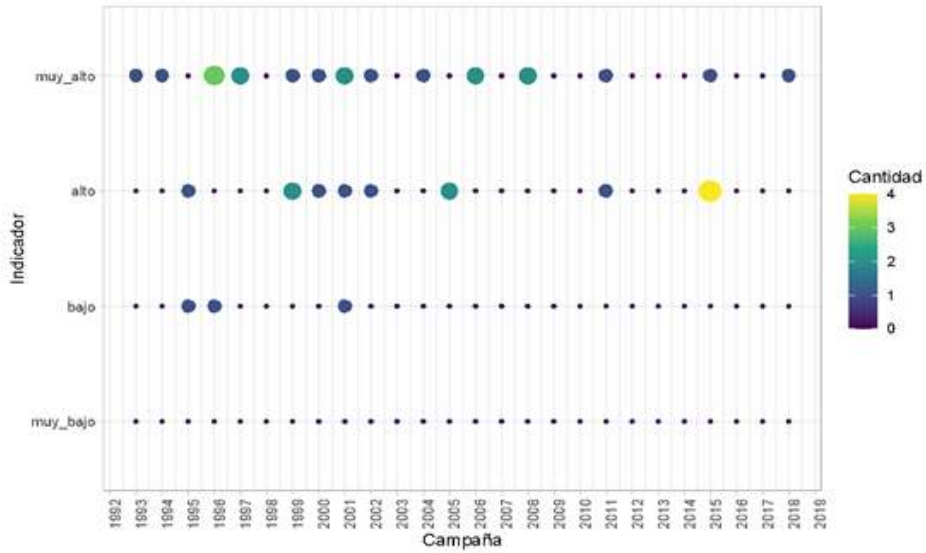
Gráfico 2 Provincia de Mendoza. Desvíos estandarizados de las medidas o valores tendenciales de las pérdidas por heladas por departamento



Fuente: Elaboración propia en base a series de la DACC

En el Gráfico 3 se refleja la extensión espacial de estos fenómenos en relación a su intensidad (desde muy bajo a muy alto).

Gráfico 3 Provincia de Mendoza Cantidad de departamentos con heladas según nivel de pérdidas. Campañas 1993/ 2019



Fuente: Elaboración propia en base a series de la DACC

Conclusiones

Las pérdidas económicas constituyen un indicador directo del riesgo por la conjugación de sus componentes de amenaza y vulnerabilidad. No existe una relación entre mayor riesgo de heladas y la ocurrencia de extremos, aunque todos los departamentos con riesgo alto presentan una frecuencia alta de estos fenómenos. A nivel provincial existe una tendencia positiva de la ocurrencia de estos eventos. A mayor escala (departamentos) no es generalizable.

Estos datos permitirán el análisis de tendencias y comportamiento de las series temporales y el

impacto de medidas de mitigación y de reducción de daños.

El presente trabajo constituye un producto del Proyecto Estructural del INTA PD 1065 Gestión Integral del Riesgo Agropecuario. Sincero agradecimiento a la Dra. Ing. Agr. Silvina Cabrini, coordinadora del Proyecto por sus aportes, sugerencias y aliento en el desarrollo como por el análisis estadístico de las bases. (este último párrafo puede quedar para el libro de resúmenes del Seminario, pero no debería ir si se presenta el trabajo a la revista)

Referencias bibliográficas

Adger, W. N., Brooks, N., Bentham, G., & Agnew, M. (2004). New indicators of vulnerability and adaptive capacity (tr7).pdf (Issue Technical Report 7).

Alwang, J., Siegel, P. B., & Jørgensen, S. L. (2001). Vulnerability: A View From Different Disciplines. In Social Protection Discussion Paper Series (Vol. 0115, Issue June 2001). Social Protection Unit Human Development Network The World Bank.

Basualdo, A., Berterretche, M., & Vila, F. (2015). Inventario y características principales de los mapas de riesgos para la agricultura disponibles en los países de América Latina y el Caribe. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA),. <http://www.iica.int>

Brooks, N. (2003). Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework. Tyndall Centre Working Paper, 38(September 2003), 1–20.

Chavez, E., Conway, G., Ghil, M., & Sadler, M. (2015). An end-to-end assessment of extreme weather impacts on food security. *Nature Climate Change*, 5(11), 997–1001. <https://doi.org/10.1038/nclimate2747>

Van den Bosch, M. E. (2022). Evaluación económica de las pérdidas por granizo en los oasis de la provincia de Mendoza e identificación de eventos extremos. *Revista de Investigación En Modelos Financieros*, 11(1), 63–77. <https://ojs.econ.uba.ar/index.php/RIMF/article/view/2339/3129>



BLOQUE

Modelos de simulación para la cuantificación del riesgo.

REDUCCIÓN DEL RIESGO POR DIVERSIFICACIÓN PRODUCTIVA EN LA REGIÓN PAMPEANA NUCLEO

FILLAT FRANCISCO ANTONIO ¹ ; CALCATERRA CARLOS PABLO ² ; PAOLILLI MARIA CECILIA ² ; CABRINI SILVINA MARIA ^{1,2}

¹ EEA Pergamino, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

² Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires

fillat.francisco@inta.gob.ar

Resumen

Para reducir el riesgo en la actividad agropecuaria la diversificación productiva es la estrategia más popular entre los productores. La diversificación puede reducir la variabilidad del resultado económico de la empresa a través de la combinación de actividades que tengan resultados económicos con correlaciones bajas o negativas. En este trabajo se busca analizar el nivel de riesgo asociado a diferentes opciones de diversificación productiva en la zona núcleo mediante el uso de la simulación Montecarlo. Se comparan 5 opciones de secuencias de cultivos para el partido de Pergamino. Las

alternativas incluyen: monocultivo de soja, secuencia con predominio de soja 1ra, construida en base al uso promedio de la tierra en el partido y tres rotaciones de maíz-soja-trigo/soja 2da, incluyendo maíz con diferentes fechas de siembra. Los resultados muestran la dominancia de las secuencias de cultivos más diversificadas con respecto a secuencias de cultivos con predominio de soja 1ra.

Palabras clave: simulación, agricultura pampeana, dominancia estocástica

Abstract

Diversification is the most popular risk reduction strategy among farmers. Diversification can reduce the variability of the farm level economic result through the combination of activities that have economic results with low or negative correlations. This paper seeks to analyze the level of risk associated with different diversification alternatives in the Central Pampas using Monte Carlo simulation. Five crop sequence options for Pergamino County are compared. The alternatives include: soybean monoculture, sequence with predominance of 1st

soybean, built based on the average land use in the district, and three rotations of corn-soybean-wheat/2nd soybean, including corn with different planting dates. The results show the dominance of the most diversified crop sequences with respect to crop sequences with a predominance of 1st soybean.

Keywords: simulation, Argentina Pampas, stochastic dominance

Introducción

En Argentina, el sector agropecuario posee una marcada importancia. Las exportaciones argentinas en 2021 alcanzaron los US\$ 77.934 millones, de los cuales el 47% fueron gracias al complejo sojero, maicero y triguero (Indec, 2022). Desde el punto de vista regional, a pesar de ser la provincia de Buenos Aires una de las más desarrolladas, la actividad agropecuaria primaria representa la principal fuente de ingresos y empleos en las localidades del interior de la misma. Este conjunto de exportaciones y sostén de economías regionales, se encuentra expuesto al riesgo de precios y al riesgo climático. El riesgo se puede definir como la pérdida potencial inesperada en beneficios o bienestar de un individuo, ocasionada por un evento adverso. Según el enfoque tomado, la interpretación del riesgo puede variar, pero tiene dos características básicas: el desconocimiento del resultado de un evento (dos o más resultados posibles) y al menos uno de ellos significa pérdida de beneficios o bienestar (Oinfa 2009). Así, el riesgo agropecuario, es el conjunto de eventos adversos que pueden afectar al sector.

Materiales y métodos

Se definen 5 opciones de rotaciones a analizar para el estudio del riesgo asociado a las mismas. Las mismas son seleccionadas en base a combinaciones de los cultivos más difundidos en el partido de Pergamino (trigo, maíz y soja), como partido representativo de la zona núcleo agrícola. En las últimas tres campañas estos ocuparon más del 80% de la superficie agrícola, llegando en la campaña 20/21 al 94% de la misma (Fillat et al, 2021).

El primer caso corresponde a un monocultivo de soja de primera implantación.

El segundo caso corresponde a la rotación promedio del partido, la cual es calculada en base a la proporción de cultivos implantados en la campaña,

Ante la importancia del sector y las características asociadas a los riesgos que tiene la actividad, es de suma importancia la gestión o manejo del mismo que se pueda realizar en los sistemas. Para esto es necesario tener estrategias de evaluación de riesgo (para entender los sistemas analizar su información y sistematizarla) y estrategias de reducción del mismo (acciones que se pueden llevar a cabo para minimizar el riesgo) (Mundo Maíz 2004).

De estas definiciones, se puede determinar que a fin de minimizar los eventuales perjuicios ocasionados por eventos adversos, tanto los productores, asesores e instituciones relacionadas al agro necesitan tener una evaluación certera del riesgo asociado a los sistemas agropecuarios y a las diferentes prácticas posibles para el manejo y disminución del mismo. En este trabajo se busca analizar el nivel de riesgo asociado a diferentes opciones de diversificación productiva en la zona núcleo mediante el uso de la simulación Montecarlo, para analizar su impacto como herramienta de manejo del riesgo económico.

informada por el Observatorio del uso y manejo de la tierra en el partido de Pergamino (Beribe, et al, 2022).

El tercero, una rotación por tercios de trigo/soja de segunda-maíz-soja de primera.

El cuarto caso también corresponde a una rotación por tercios donde participan los mismos cultivos y solo cambia la fecha de implantación del maíz, retardando la misma.

El quinto caso corresponde a una combinación del segundo y tercer caso. Se plantea una rotación por tercios, donde se implantara el 50% del maíz en fecha tradicional y el 50% restante en una fecha tardía o retrasada.

Tabla 1. Descripción de los modelos simulados

Rotación	Cultivos	Fecha siembra	Proporción Cultivo en rotación	Proporción fecha de siembra
Monocultivo	Soja	Octubre/Noviembre	100%	100%
	Trigo	Mayo/Junio		100%
Promedio	Soja de segunda	Diciembre	22%	100%
	Soja	Octubre/Noviembre	53%	100%
	Maíz	Agosto/Septiembre	25%	100%
Tercios	Trigo	Mayo/Junio	33%	100%
	Soja de segunda	Diciembre		100%
	Soja	Octubre/Noviembre	33%	100%
	Maíz	Agosto/Septiembre	33%	100%
Tercios tardío	Trigo	Mayo/Junio	33%	100%
	Soja de segunda	Diciembre		100%
	Soja	Octubre/Noviembre	33%	100%
	Maíz	Diciembre	33%	100%
Tercios mixto	Trigo	Mayo/Junio	33%	100%
	Soja de segunda	Diciembre		100%
	Soja	Octubre/Noviembre	33%	100%
	Maíz	Agosto/Septiembre	33%	50%
		Diciembre		50%

En todos los casos, las labores de siembra (y eventuales labranzas) son hechas a través de contratistas rurales, así como, la protección y cosecha de los cultivos. Habiendo definido las rotaciones a analizar, se procedió a describir la estructura de costos e ingresos de todo el sistema. Las variables aleatorias consideradas son los rendimientos y los precios de los productos. Mediante simulación Montecarlo se elaborarán distribuciones de probabilidad para los indicadores de resultado económico: margen bruto por cultivo y margen bruto global.

Se consideran distintas alternativas para modelar la distribución multivariada de precios y rendimientos: distribución triangular, empírica y normal; y se comparan los resultados.

Con los resultados obtenidos se realizaron gráficos de frecuencia acumulada de las diferentes variables económicas de "salida" en el modelo. Los mismos, se usarán para comparar los sistemas agrícolas con diferente grado de diversificación utilizando el criterio de dominancias estocástica.

Resultados

Se probaron las distribuciones normal y triangular

para las simulaciones (figura 1).

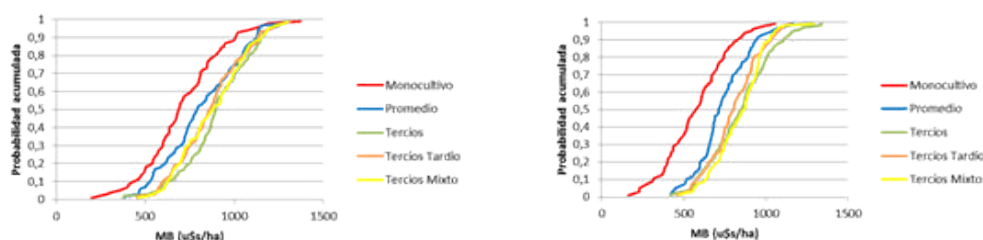


Figura 1. Simulación de márgenes brutos para los cinco modelos abordados usando distribuciones normales (izquierda) y triangulares (derecha)

Al observarse diferencias menores entre los resultados y ser las interpretaciones similares se decidió

continuar con las distribuciones triangulares, pasando a analizar las rotaciones de tercios (fig. 2).

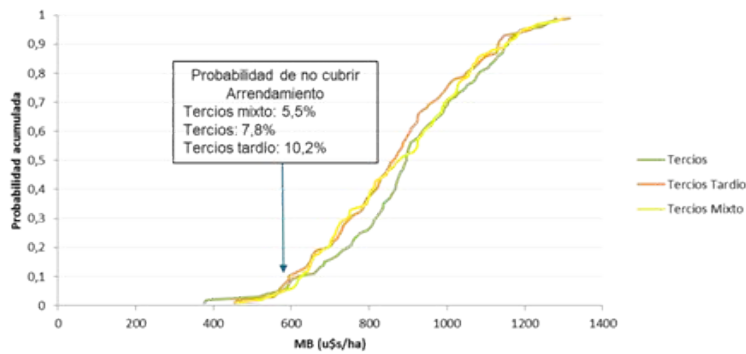


Figura 2. Simulación de márgenes brutos para las tres rotaciones de tercios (tercios, tercios tardío y tercio mixto). Se consideró un arrendamiento de 16

qq/ha de soja (596 u\$s/ha) Por último, se compararon las rotaciones promedio, monocultivo y tercios (figuras 3 y 4).

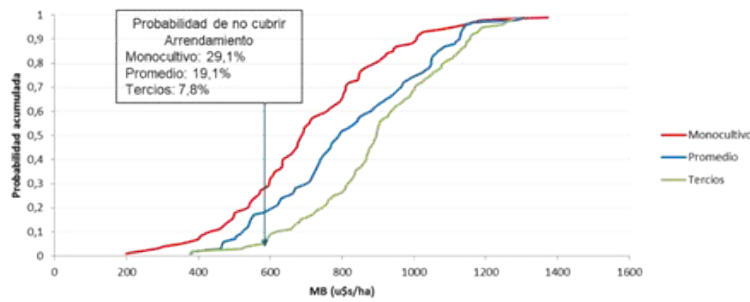


Figura 3. Simulación de márgenes brutos para las rotaciones monocultivo, promedio y tercios. Se

consideró un arrendamiento de 16 qq/ha de soja (596 u\$s/ha)

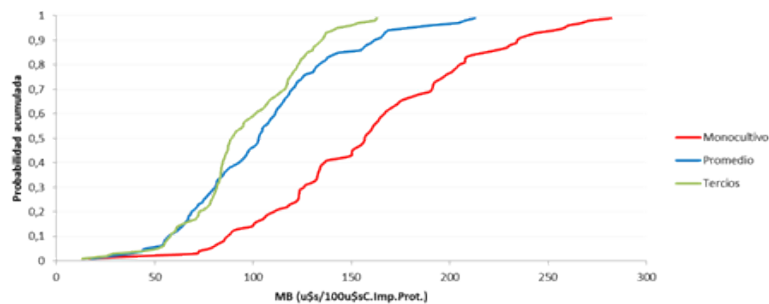


Figura 4. Simulación de márgenes brutos por cada

100 dólares invertidos en implantación protección.

Conclusiones

La metodología resulta adecuada para el análisis de los sistemas planteados, y una herramienta accesible para productores y asesores, con una disponibilidad limitada de datos. El monocultivo tiene el peor desempeño desde el punto de vista de MB/ha. No obstante, se debe tener en cuenta que se usaron precios actuales (mejor relación de precios para el maíz que campañas pasadas) y que el análisis cambia completamente desde el punto de vista de la inversión realizada (figura 4).

El efecto de rendimiento estables de maíz tardío,

parece ser compensado por el mejor desempeño del maíz temprano a medios y altos rendimientos y los mejores precios obtenidos.

Estas simulaciones, se basan en datos históricos. Sería de sumo interés poder agregar el efecto de la información disponible antes de iniciar la campaña (pronósticos, nivel de agua útil, etc.).

Sería de sumo interés para futuros trabajos, probar otras distribuciones para las variables de entrada donde se pueda aprovechar las diferentes fuentes de datos disponibles (por ejemplo empírica).

Referencias bibliográficas

-Beribe M. J., Portillo J.E., Ferreyra A., Fillat F.A., Paollili M.C., Bustos D., Lopresti M.F., Pagliaricci L.O., Cabrini S.M. Indicadores económicos e informes técnicos. Observatorio del uso y manejo de la tierra en el partido de Pergamino. Métodos para la recolección de datos y el análisis de la información, n°1, año 2022. ISSN: 2718-6210. Disponible aquí

-Fillat F. A., Cabrini S.M., Paollili M.C. Indicadores económicos e informes técnico. Informe técnico campaña 20/21 y proyección 21/22 para el área de Pergamino, n°4, año 2021. ISSN: 2718-6210. Disponible aquí.

-INDEC (2022) Informes técnicos, vol. 6, n° 37, ISSN 2545-6636. Comercio exterior. Vol. 6, n° 4. Complejos exportadores, año 2021. Disponible aquí.

-Mundo Maíz (2004), Qué es la "gestión" del riesgo agropecuario. Artículo online disponible aquí.

-Oinfa (2009), El Riesgo Agropecuario. Artículo online publicado en la web del organismo integrador nacional de Fondos de Aseguramiento de Méjico.

ANÁLISIS DEL RIESGO DE LOS SISTEMAS GANADEROS DE ISLAS

ING. AGR. GABRIEL LACELLI ¹ ; ING. AGR. ARTURO REGONAT ² ; PMED. VET. ORLANDO HUG ³

¹ EEA Reconquista, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

² AER Reconquista, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

³ AER Garabato, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

lacelli.gabriel@inta.gob.ar

Resumen

El riesgo es una característica inherente a cualquier sistema productivo. En el caso de la producción ganadera en las islas del Paraná, se agregan contextos vinculados a los eventos de crecientes y bajantes del río. En el siguiente trabajo se determinan los perfiles de riesgo de tres establecimientos ubicados en diferentes latitudes del río Paraná, desde el distrito Florencia hasta el distrito Alejandra, en el norte de Santa Fe. Se parte de la caracterización de los establecimientos en su aspecto estructural y funcional. Se aleatorizan con distribuciones de probabilidad las variables críticas, como altura del río, porcentaje de destete y precios de venta. Se obtiene la función de probabilidad acumulada del

resultado operativo que es contrastada contra diferentes valores considerados niveles críticos. A partir de la frecuencia y la intensidad con que esos niveles críticos no pueden ser cubiertos, se determina la tipología de riesgo del sistema. Los resultados muestran que son sistemas de bajo riesgo o nulo. Se recomienda analizar con un segmento de precios de la hacienda inferior a los verificados en el presente trabajo, para ver la sustentabilidad de los sistemas ante niveles de precios más cerca del promedio histórico de los últimos diez años.

Palabras claves: riesgo; ganadería; islas

Summary

Risk is an inherent characteristic of any production system. In the case of livestock production in the Paraná islands, contexts linked to the events of rising and falling river are added. In the following work, the risk profiles of three establishments located at different latitudes of the Paraná River are determined, from the Florencia district to the Alejandra district, in the north of Santa Fe. It starts from the characterization of the establishments in their structural and functional aspect. Critical variables are randomized with probability distributions, such as river height, weaning percentage, and sale prices. The cumulative probability function of the

operating result is obtained, which is contrasted against different values considered critical levels. Based on the frequency and intensity with which these critical levels cannot be covered, the type of risk of the system is determined. The results show that they are low or zero risk systems. It is recommended to analyze with a segment of farm prices lower than those verified in this work, to see the sustainability of the systems at price levels closer to the historical average of the last ten years.

Key words: risk; livestock; islands

Introducción

Los estudios del riesgo en empresas agropecuarias reconocen cinco fuentes principales (riesgos institucionales, personales, financieros, productivos y de mercados). Este trabajo se limitará a estudiar los efectos sobre el ingreso anual de los sistemas provenientes de las últimas dos fuentes: las variaciones de precios de los productos vendidos al mercado (terneros/as, vacas de descarte, etc.) y las variaciones de las cantidades vendidas de esos productos, debido a la variabilidad climática, biológica, tecnologías aplicadas y a las alteraciones en la altura del río Paraná, tanto por crecientes como por bajantes.

Metodología

Se parte de la caracterización de tres sistemas ubicados en diferentes condiciones topográficas y de latitud de las islas: el primero ubicado al norte, en la zona del distrito Florencia, el segundo localizado en el área central, coincidente con el distrito Las Garzas y el tercero en la zona sur, a la altura del distrito Alejandra.

Se los describe en sus componentes estructural y funcional y se estiman los resultados físicos y

En una aproximación simplificada, se considera riesgo a la obtención de un resultado económico que sea insuficiente para cubrir un monto considerado crítico para el normal desempeño y evolución del sistema y la sostenibilidad de la familia productora o bien, de los/as accionistas de la empresa.

Las preguntas que se pretenden responder son, ante escenarios cambiantes de precios y rendimientos, ¿cuáles son las probabilidades que el sistema garantice un resultado suficiente para cubrir estos valores? ¿con qué frecuencia “cae” por debajo de los mismos? ¿cuál es la intensidad de la pérdida en cada ocasión?

económicos para una situación actual dada. Hasta acá el análisis determinístico.

Para realizar el análisis estocástico se identificaron las variables de mayor potencia en la definición de resultados. A cada una de estas variables se le asocia una distribución de probabilidad con el afán de representar, del modo más cabal posible, sus variaciones reales.

Cuadro 1. Variables determinantes, distribuciones de probabilidad y parámetros considerados

Variable	Unidad	Tipo de distribución	Parámetros		
			Sistema F	Sistema LG	Sistema A
Condición del río		Binomial	Inundación: 0,2 No inundación: 0,8		
Cantidad vientres “Inundación”	cab	Trapezoidal	80; 85; 90; 95	150; 155; 165; 170	70; 75; 80; 85
Cantidad vientres “No inundación”	cab	Uniforme	100; 110	170; 190	85; 95
Destete	%	Triangular	46; 53; 64	54; 61; 65	45; 55; 60
Peso Ternero	kg/cab	Triangular	170; 180; 190	180; 190; 200	190; 200; 210
Precio ternero	u\$/kg	Normal truncada	2,57; 0,30; 2,30; 2,70	2,78; 0,20; 2,23; 2,72	2,57; 0,30; 2,43; 2,97
Precio Soja	u\$/tn	Triangular	376; 327; 297		

Fuente: elaboración propia

Se realizan 100 iteraciones de las que se obtienen 100 Resultados Operativos. Para estas simulaciones se aplica el método Montecarlo, a través del uso del complemento de Excel, Simulación 5.0. Con esto se

construye una función de probabilidad acumulada. Esta curva, se contrasta con diferentes valores anuales, llamados Nivel Crítico o Foco de Pérdida, por debajo de los cuales no es deseable caer.

Niveles críticos

El nivel crítico 1, es de carácter financiero y establece un monto anual mínimo que satisfaga el consumo familiar (alimentación, vestimenta, educación, etc). Esta cantidad es establecida en forma “externa” al sistema y, arbitrariamente, se tomó como valor el monto anual de la canasta básica total definida por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC). Los otros cuatro niveles críticos son de naturaleza económica, y se adicionan entre sí. Exploran, en primer lugar, la probabilidad que el sistema no cubra el monto anual de depreciaciones

de sus bienes de capital (nivel crítico 2: descapitalización); luego se le agrega la retribución al trabajo familiar y se obtiene el nivel crítico 3: descapitalización + trabajo familiar.

El nivel crítico 4 agrega al anterior una retribución a los capitales invertidos (nivel crítico 4: descapitalización + trabajo familiar + intereses del capital). Finalmente, el nivel crítico 5, suma un monto que cubra una renta positiva a la tierra (nivel crítico 5: descapitalización + trabajo familiar + intereses del capital + renta fundiaria).

Indicadores de riesgo

Con las dimensiones cuanti y cualitativas de ambos indicadores se construye una matriz de doble entrada que permite establecer la tipología del

riesgo del sistema.

Cuadro 2. Esquema de una tipología de riesgo en función de los indicadores considerados

		Indicador de Frecuencia del Riesgo (IFR)		
		<i>Bajo</i>	<i>Medio</i>	<i>Alto</i>
Indicador de Intensidad del Riesgo (IIR)	<i>Bajo</i>	Bajo Riesgo o sistemas “Don’t worry”	Riesgo Medio o sistemas “Engripados”	Riesgo Medio o sistemas “Mal pero acostumbrado”
	<i>Alto</i>		Riesgo Medio o sistemas “Cardíacos”	Riesgo Alto o sistemas “dios te ayude”

Fuente: elaboración propia

Si el IFR es bajo, se considera que el sistema es de “bajo riesgo”, independientemente de la intensidad de la pérdida. Luego, se consideran sistemas de “alto riesgo” cuando ambos indicadores son altos y de “riesgo medio” ante otras combinaciones, aunque deben diferenciarse las distintas situaciones originadas. El riesgo en un sistema de IFR alto e IIR bajo (es muy frecuente que le vaya mal, pero no

“tan mal”) merece un abordaje diferente a cuando el IFR es medio y el IIR es alto (a veces le va mal, pero cuando eso ocurre, le va muy mal).

Estas consideraciones son necesarias al momento de diseñar estrategias de gestión del riesgo. Los sistemas de riesgo alto (IFR e IIR altos), requerirían de fuertes intervenciones de políticas públicas para ayudarlos a salir del cuadrante rojo.

Resultados

En el cuadro 3 se presentan los principales indicadores obtenidos en los tres sistemas analizados.

Cuadro 3. Resultados descriptivos, niveles críticos e indicadores de riesgo

Variable	Unidad	Sistema Florencia	Sistema Las Garzas	Sistema Alejandra
Superficie	Ha	196	801	353
N° vacas inundación	cab	87	160	77
N° vacas normales	“	105	180	90
Capital Invertido	u\$s	276.179	572.692	239.364
Capital invertido/ha	u\$s/ha	1.409	715	678
Ingreso Neto	u\$s/año	4.157	23.118	5.460
Rentabilidad	%	1,18	3,43	2,0
Nivel Crítico 1 (Consumo Familiar)	Monto [u\$s/año]	10.000		
	IFR [%]	1,0	0,0	42,0
	IIR [%]	15,0	0,0	18,6
	Tipología	Don't worry	Sin Riesgo	Dios te ayude
Nivel Crítico 2 (Descapitalización)	Monto [u\$s/año]	7.320	10.523	3.567
	IFR [%]	0	0,0	0
	IIR [%]	0	0,0	0
	Tipología	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo
Nivel Crítico 3 (Descapitalización + Trabajo familiar)	Monto [u\$s/año]	8.230	13.973	4.340
	IFR [%]	0	0,0	0
	IIR [%]	0	0,0	0
	Tipología	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo
Nivel Crítico 4 (Descapitalización + Trabajo familiar + Intereses al K)	Monto [u\$s/año]	12.859	20.519	7.437
	IFR [%]	8,0	3,0	14
	IIR [%]	16,0	5,0	12,9
	Tipología	Don't worry	Don't worry	Don't worry
Nivel Crítico 5 (Descapitalización + Trabajo familiar + Intereses al K + Renta fundiaria)	Monto [u\$s/año]	16.486	31.124	11.491
	IFR [%]	31,0	82,0	74
	IIR [%]	16,0	15,0	19,5
	Tipología	Engripado	Mal pero acostumbrado	Mal pero acostumbrado

También se elaboraron gráficos con la frecuencia de probabilidad acumulada del resultado operativo para las simulaciones realizadas, contrastadas estas curvas con los niveles críticos de cada sistema

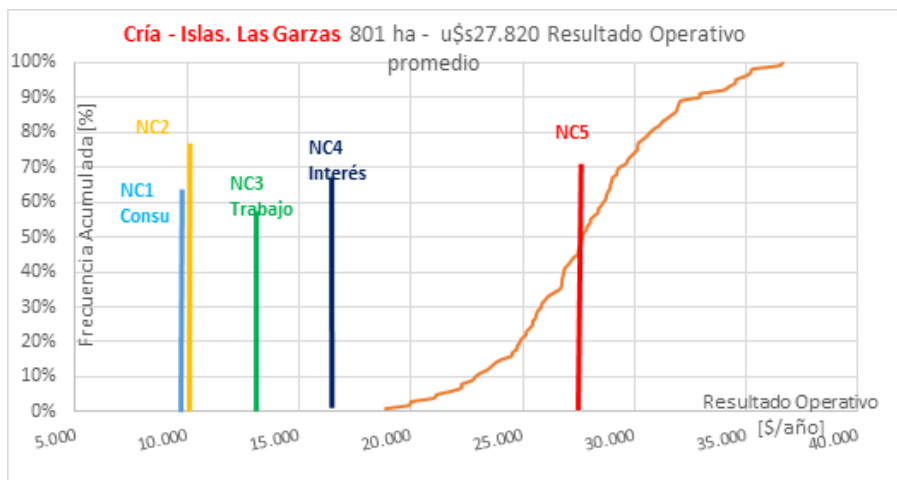
(gráficos 1, 2 y 3).

Gráfico 1. Sistema Florencia: resultado operativo (probabilidad acumulada) y niveles críticos.



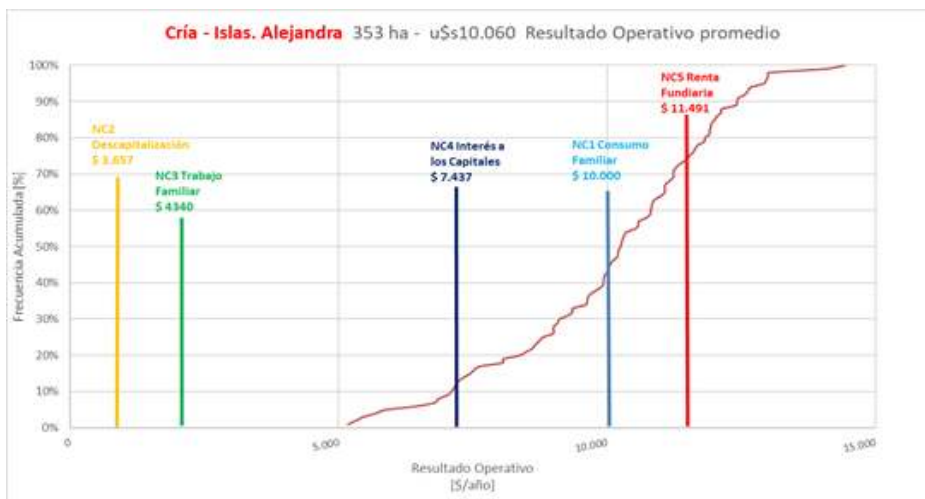
Fuente: elaboración propia

Gráfico 2. Sistema Las Garzas: resultado operativo (probabilidad acumulada) y niveles críticos.



Fuente: elaboración propia

Gráfico 3. Sistema Alejandra: resultado operativo (probabilidad acumulada) y niveles críticos



Fuente: elaboración propia

Finalmente, en el cuadro 4, se presenta una síntesis comparativa de los tres sistemas para cada uno de los niveles críticos considerados.

Cuadro 4. Síntesis comparativa.

	Florencia	Las Garzas	Alejandra
Nivel Crítico 1 (<i>Consumo Familiar</i>)	Bajo	Sin Riesgo	Alto
Nivel Crítico 2 (<i>Descapitalización</i>)	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo
Nivel Crítico 3 (<i>Descapitalización + Trabajo familiar</i>)	Sin Riesgo	Sin Riesgo	Sin Riesgo
Nivel Crítico 4 (<i>Descapitalización + Trabajo familiar + Intereses al K</i>)	Bajo	Bajo	Bajo
Nivel Crítico 5 (<i>Descapitalización + Trabajo familiar + Intereses al K + Renta fundiaria</i>)	Medio	Medio	Medio

Fuente: elaboración propia

Comentarios

Ante las variaciones de las fuentes de riesgo analizadas, precios y producción, los tres sistemas son de bajo riesgo. Ninguno presenta resultados negativos, lo que implicaría situaciones de quebranto o de generación de deuda, ya sea comercial, bancaria o fiscal, dado que el riesgo se mide desde el resultado operativo. En particular para el nivel crítico financiero, el único sistema que presenta insolvencia es el de Alejandra, ya que el IFR muestra que en 42 de 100 resultados no alcanza a cubrir los 10.000 u\$s anuales puestos como nivel mínimo a lograr y que, en esas 42 veces, la caída por debajo del nivel crítico promedia casi un 20%. Si bien este nivel crítico es el más subjetivo de todos (ya que depende de la composición familiar, la etapa en que se encuentre la misma, los gustos y preferencias, entre otros factores), en comparación con los otros dos sistemas muestra una peor performance.

Para los niveles críticos que miden el riesgo de descapitalización y remuneración del trabajo familiar, ninguno de los sistemas presenta problemas. En particular en los casos de Florencia y Alejandra no se debe tanto a buenos resultados sino a la menor inversión en mejoras y capitales de explotación (la mitad del sistema de Las Garzas), así como a un menor aporte de trabajo por parte del productor (la mitad en el caso de Florencia y la cuarta parte en el caso de Alejandra).

En lo que difieren de otros sistemas ganaderos analizados es el bajo o nulo riesgo mostrado frente al nivel crítico 4 (que acumula las amortizaciones, la remuneración al trabajo familiar y agrega la retribución de un interés del 3% real a los capitales invertidos). Tal vez se deba al mejor escenario de precios

en que se realizó este trabajo, ya que, si bien las simulaciones se realizan aleatorizando las variables, en el caso de los precios se hizo bajo un entorno de corto plazo. Y la media del precio de la hacienda en el período que se realizó este trabajo (principios de 2022) está por encima de los valores registrados para los ciclos 2018/19 a 2020/21, en que se hicieron esos otros estudios.

El nivel crítico de mayor exigencia, dado que a los "pagos" anteriores, agrega una renta fundiaria del orden del 3%, es en el que muestran situaciones de riesgo los tres sistemas, aunque se trata de niveles medios de riesgo. Con IIR similares (entre 15 y 20% de caída), pero IFR altos para el sistema de Las Garzas (alta inversión en tierra) y de Alejandra (ingresos más bajos). Nuevamente en el comparativo con otros estudios realizados para sistemas ganaderos del NEA, estos sistemas presentan un mejor desempeño, reforzando la hipótesis y la pregunta, de que puede deberse a la mejora en los precios de la hacienda.

El estudio muestra que para diferentes situaciones de posición altimétrica y de latitud, diferentes tamaños (de tierra y rodeos), estructuras productivas y tecnologías aplicadas, los tres sistemas muestran un buen desempeño frente al riesgo de mercados y de producción. El sistema de Las Garzas, tiene un mejor ingreso, lo que hace que sea más estable y más rentable. Quedaría por analizar en un futuro trabajo, la performance mostrada por estos sistemas ante contextos de precios de la hacienda más bajos, en el orden de los promedios observados en un período algo mayor, por ejemplo, los últimos 10 años.

Referencias bibliográficas

- Menichelli, M.; O. Hug; S. Crudeli; C. Dimundo (2021). Caracterización productiva de tres sistemas de cría bovina en las islas del Paraná medio. Trabajo admitido para ser presentado en el 45° Congreso de AAPA
- Ybran R.G.; Lacelli G. (2021) Caracterización económica de tres sistemas ganaderos de isla. Trabajo admitido para ser presentado en el 45° Congreso de AAPA
- Komarek, Adam; De Pinto, A; Smith, V. A (2020) Review of types of risks in agriculture: What we know and what we need to know? En *Agricultural Systems Journal*
file:///E:/Proyecto%20I065/A%20review%20of%20type%20of%20risks%20in%20agriculture%20(Komarek%20Adam%20et%20al)%20.pdf)
- Lacelli, Gabriel (2020) Guía metodológica para la determinación del riesgo en sistemas agropecuarios. En EEA Reconquista del INTA <https://inta.gob.ar/documentos/guia-metodologica-para-la-determinacion-del-riesgo-en-sistemas-agropecuarios>
- Lacelli, G.; L. Pellerano; M. Calvi; F. Acosta (2020) Análisis del riesgo en sistemas ganaderos del NEA. Presentado en el Seminario I de Riesgo Agropecuario, realizado en forma virtual.

CORRELACIONES: ¿EL USO DE COEFICIENTES DE CORRELACIÓN AFECTA LOS RESULTADOS DE UN MODELO DE PORTFOLIO AGRÍCOLA EVALUADO CON SIMULACIÓN MONTE CARLO?

ARIADNA M. BERGER Y SUSANA PENA DE LADAGA

¹Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires- Aplicar
abberger@agro.uba.ar

Resumen

Se evaluó el efecto del uso de coeficientes de correlación, tanto entre los precios de los granos como entre los rendimientos de los cultivos, en las estimaciones de resultados y riesgos asociados de un portfolio evaluado con un modelo de Simulación Monte Carlo. Se partió de la combinación sub-óptima de actividades en un establecimiento típico de Gral. Villegas (provincia de Buenos Aires) surgido del promedio de superficies de 10 años (período 1995/2005) antes del auge de la soja. Este portfolio diversificado está integrado por trigo, maíz, girasol, soja de primera y segunda siembra. El módulo considerado fue de 1.000 ha. Los coeficientes de correlación de rendimientos se obtuvieron de series elaboradas con modelos de simulación agronómica; los de precios a partir de series históricas de 12 años (campañas 2007/08 a 2018/19)

expresados en dólares estadounidenses constantes, previamente homogeneizados respecto a las retenciones y/o derechos de exportación. Se le aplicaron los impuestos vigentes a mayo de 2019 (28% en soja, y 10% en girasol, maíz y trigo). Como era de esperar, la inclusión de los coeficientes de correlación en el modelo de portfolio elegido no modifica el resultado esperado (se trata de un modelo aditivo). Respecto a la variabilidad, hay un leve aumento en la misma. Ello porque las correlaciones son en su mayoría positivas con valores intermedios a altos. Se concluye que es importante evaluar un portfolio de estas características incluyendo la correlación entre variables, con el fin de no subestimar el riesgo al cual se enfrenta el productor. Palabras clave: correlaciones, decisiones, riesgo, portfolio

Summary

We assessed the effect of using correlation coefficients, both between grain prices and crop yields, on the estimates of results and associated risks of a portfolio evaluated with a Monte Carlo Simulation model. We considered the sub-optimal combination of activities in a typical farm in Gral. Villegas (Buenos Aires province) arising from the average land allocated to each crop in the 1995/2005 period, before the soybean boom. This diversified portfolio includes wheat, corn, sunflower, first and second planting soybeans. We worked on a 1,000 hectares module. Yield correlation coefficients were obtained from agronomic simulation models series. Price correlation was calculated with a 12-year data series (2007/08 to 2018/19 campaigns)

in constant US dollars, previously homogenized with respect to withholdings and/or export duties. The taxes in force as of May 2019 were applied (28% on soybeans, and 10% on sunflowers, corn and wheat). As expected, the inclusion of the correlation coefficients in the chosen portfolio model does not modify the expected result (it is an additive model). Regarding variability, it increases slightly. This is because the correlations are mostly positive with intermediate to high values. Therefore, it is important to evaluate a portfolio with these characteristics including the correlation between variables, in order not to underestimate the risk faced by the producer.

Key words: correlations, decisions, risk, portfolio

Introducción

La diversificación entre cultivos es una necesidad técnica. Las razones que esgrimen los especialistas se basan en preservar la productividad del suelo. Los ingenieros agrónomos mencionan entre los factores a tener en cuenta cuestiones como evitar la pérdida de nutrientes, proteger contra la erosión (hídrica y eólica), aportar materia orgánica y carbono, permitir la aireación del suelo, disminuir la amenaza de plagas, malezas y enfermedades, reducir el uso de pesticidas y fertilizantes y preservar la biodiversidad.

Considerando el aspecto económico, el armado de una rotación de cultivos es un modo de administrar lo que se denomina un "portfolio agrícola" (combinación y/o secuencia de actividades agrícolas en una zona, establecimiento, parcela). El concepto suele asociarse a carteras de inversiones en acciones y bonos, dado que de allí proviene. También se puede aplicar la teoría de portfolios al sector agropecuario ya sea combinando distintos cultivos en una misma localidad (diversificación intrazonal), así como en varias zonas diferentes (diversificación interzonal) (2, 10).

En líneas generales, si de una única actividad se pasa a dos, esa diversificación, sin considerar el efecto de las correlaciones, disminuye el desvío (Berger y Pena de Ladaga, 2016). ¿Qué podría suceder al incorporar las correlaciones entre variables aleatorias? En principio habría que pensar que dentro de un establecimiento las actividades funcionan como los componentes de un portfolio, de manera que el desvío promedio del resultado del campo se supondría inferior a la mayoría de los desvíos del resultado de cada cultivo individual: al realizar contemporáneamente distintas actividades con cierto desvío, se lograría reducir el desvío

global (3). La realidad ha demostrado que, en ocasiones, los efectos no son los esperados: por ejemplo, el monocultivo de soja con tecnología correctamente ajustada presenta menor variabilidad que el resto de los cultivos factibles, por lo que una "combinación" de actividades puede terminar siendo de mayor riesgo (7, 12). Este hecho, no percibido en su momento por las autoridades que tomaron medidas de política inadecuadas (cambio en las cuotas de exportación -ROEs- que no permitieron a los productores exportar ni maíz ni trigo, junto a altos impuestos a la exportación para estos dos cultivos), trajo aparejada la consecuencia de un elevado nivel de monocultivo de soja que por varios años ensombreció la deseable práctica de diversificación. Lo cierto es que la eficacia "económica" de la práctica depende, entre otras cosas, de la correlación entre las distintas variables aleatorias intervinientes (3, 8, 18): en principio para la correcta evaluación de resultados y riesgos es importante considerar la correlación entre variables.

Así se llega a la pregunta: ¿qué impacto tiene el uso de coeficientes de correlación en un modelo para una empresa agropecuaria, en la cual muchos de los coeficientes son positivos y en general de medianos a altos?

Para responder el interrogante se utilizó un modelo con el que se evaluó el efecto del uso de coeficientes de correlación entre los precios de los granos por un lado y, por otro lado, entre los rendimientos de los cultivos. Se estimaron resultados y riesgos asociados en un portfolio evaluado con un modelo de Simulación Monte Carlo (SMC). Con él se calcularon los parámetros estadísticos básicos que permiten conocer tanto resultados como variabilidad (interpretada esta última como riesgo asociado).

Materiales y métodos

Se trabajó con un modelo representativo de la zona de Gral. Villegas, tomando un módulo de 1.000 ha para facilitar la extrapolación de resultados. El 19% de la superficie agrícola se destina a trigo/soja de segunda, 15% a maíz, 54 % a soja de primera y 12% a girasol. La composición de la rotación diversificada corresponde al promedio de 10 años del partido, antes del auge de la soja (campañas 1995/96 a 2005/6) con la finalidad de que el portfolio sea diversificado -el óptimo económico desde 2015 a la actualidad se logra con la totalidad de trigo/soja de segunda- (11, 13). El modelo no incluye el costo de arrendamiento, es decir que evalúa el caso de un productor propietario.

Para la comparación se utilizó el método de simulación Monte Carlo (SMC) que permite describir el comportamiento de una variable (que a su vez depende de otras variables aleatorias) dados los posibles valores de éstas. A diferencia de otras técnicas del mismo grupo, la SMC se basa en la aleatorización de los valores usados para las variables que definen el modelo y permite trabajar de manera simple con gran cantidad de variables inciertas, que responden a diferentes funciones de probabilidad, en modelos que pueden representar sistemas complejos (18). En los casos en que fuere necesario se tienen en cuenta los coeficientes de correlación entre las distintas variables aleatorias involucradas. La concientización acerca de las diversas fuentes de riesgo actuantes sobre el sector agropecuario (3, 10, 15) constituye el factor fundamental por el que este método extiende su uso desde la difusión de software de sencillo manejo. Las variables aleatorias consideradas fueron mode-

lizadas con distribuciones Pert. El software utilizado fue Risk Simulator (17) y el número de iteraciones fue de 5.000 con número semilla 1.

Los márgenes brutos se trabajaron en dólares constantes. Los insumos se valoraron a precios de la campaña 2017/2018, extraídos de la revista Márgenes Agropecuarios al momento de la siembra de cada cultivo. Los planteos técnicos fueron ajustados por expertos.

Como los rendimientos dependen de las condiciones del sitio de cultivo, del planteo técnico aplicado y además están afectados por las condiciones meteorológicas, las series históricas bajo tecnología constante pueden ser tomadas como un buen estimador de lo que sucederá en el futuro (5). Así, los rendimientos del modelo fueron extraídos de la base de datos RindEs, construida por Cultivar Conocimiento Agropecuario en convenio con AACREA (6) para trigo, soja de primera y segunda siembra y maíz. En el caso de girasol, no incluido en dicha base de datos, la información se obtuvo de expertos de la zona. Las distribuciones generadas por RindEs son por ambiente a escala de lote. Es decir que son para superficies acotadas (20-50 ha) de suelo homogéneo. Con el fin de considerar la variabilidad de rendimiento para un conjunto de lotes (todos de un mismo campo, con suelos similares y el mismo planteo técnico, donde la variabilidad total sería algo menor a la estimada para un solo lote), se decidió extraer los valores de los percentiles 5% y 95% para utilizar como valores mínimos y máximos respectivamente (6). Los mismos se observan en la tabla 1.

Tabla 1: Distribuciones de rendimiento de cultivos (toneladas/ha)

	Trigo	Soja 1era	Soja 2da	Maíz	Girasol
Mínimo	2,815	1,882	1,694	2,235	2,300
Más probable	4,492	3,498	3,523	7,972	2,500
Máximo	5,759	5,605	4,369	9,679	3,000
Esperado	4,420	3,580	3,360	7,300	2,550

Fuente: RindEs (6). Girasol: opinión de expertos

En cuanto a los precios, al ser dependientes de los valores internacionales que, a su vez, están influenciados por múltiples factores (5), se trabajó partiendo de series históricas de 12 años (campañas 2007/08 a 2018/19) del mercado de Chicago, en dólares estadounidenses constantes a mayo de

2019, previamente homogeneizados respecto a retenciones y /o derechos de exportación (tabla 2). A estos valores se le aplicaron los impuestos vigentes a mayo de 2019 (28% en soja, y 10% en girasol, maíz y trigo).

Tabla 2: Precios de granos en dólares constantes a mayo de 2019 descontadas retenciones (US\$/tonelada)

	Trigo	Soja	Maíz	Girasol
Mínimo	135,12	204,60	119,40	250,80
Más probable	191,51	239,90	166,36	346,98
Máximo	305,97	370,16	229,92	452,75
Esperado	201,19	291,72	168,96	348,53

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a las correlaciones, se calculó el coeficiente de Spearman (o por orden de rangos) ya que el de Pearson (más usual) no está diseñado para medir correlación en distribuciones no lineales y/o con distribuciones no normales, que usualmente se presentan en los casos utilizados (3, 10, 18). Se calcularon mediante las series surgidas de las fuentes de datos ya mencionadas. Los coeficientes de correlación entre rendimientos se resumen en la tabla 3 donde se vislumbra una correlación mayori-

tariamente positiva. Ella es elevada entre cultivos de cosecha gruesa, de modo tal que, cuando las condiciones meteorológicas son buenas, los cultivos estivales tienen mayor rinde. Sólo el trigo y la soja de segunda tienen una leve correlación inversa, que fue incluida en el modelo, a pesar de estar debajo de un valor absoluto de 0,3 y que, según lo que Vose (18) menciona, podría no tenerse en cuenta.

Tabla 3: Coeficientes de correlación de Spearman entre rendimientos

	Trigo	Soja 1era	Soja 2da	Maíz	Girasol
Trigo	1	-0.04	-0.28	0.22	0.00
Soja 1era		1	0.70	0.81	0.50
Soja 2da			1	0.32	0.30
Maíz				1	0.30
Girasol					1

Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de los precios, las correlaciones (también de Spearman) se observan en la tabla 4; en todos los casos son positivas y elevadas y muestran lo que se ve en la práctica: los precios de los

commodities están todos altos, o están todos bajos, -con efectos diferenciales en resultados totales debido a las discrepancias en los valores de los parámetros de distribuciones de cada cultivo-.

Tabla 4: Coeficientes de correlación de Spearman entre precios

	Trigo	Soja	Maíz	Girasol
Trigo	1	0,50	0,76	0,37
Soja		1	0,66	0,77
Maíz			1	0,62
Girasol				1

Las correlaciones entre variables deben tener un factor causal; al no poder influenciar el rendimiento de un establecimiento en los precios internacionales, ni tampoco estos últimos actuar sobre las

condiciones meteorológicas que determinan el rendimiento, no se consideró correlación entre estas dos variables (5).

Resultados y discusión

Los resultados de corrida del modelo sin y con coeficientes de correlación, pueden verse en la Tabla 5.

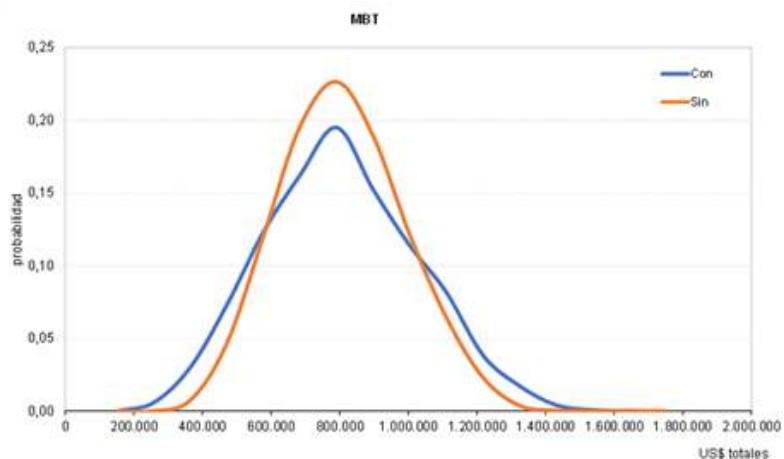
Tabla 5: Parámetros de la SMC en el portfollio en estudio

	Correlaciones	
	Sin	Con
Media	751.750	750.227
Mediana	743.961	738.667
Desvío estándar	179.995	224.934
Coefficientes de variación	23,94%	29,98%
Máximo	1.410.848	1.564.816
Mínimo	294.552	160.888
Rango	1.116.296	1.404.629
Asimetría	0,19	0,20
Curtosis	0,30	-0,2799
Percentil 25%	622.486	514.461
Percentil 75%	874.826	901.724
Precisión de error 95%	0,66	0,83

Las medidas de tendencia central tienen poca variación. Pero al comparar las de variabilidad, el desvío estándar aumenta un 25% al incluir las correlaciones, lo cual hace que los coeficientes de variación suban en consecuencia, de 23,94% a 29,98% (recordar que el riesgo está representado por la variabilidad). El rango se ensancha, y los máximos y mínimos se desplazan, indicando que

las correlaciones tienen efecto. También la mediana y la curtosis tienen diferencias de importancia, que hacen presumir formas diferentes en las curvas.

Para ver este efecto se graficaron las curvas comparadas de densidad de masa del MBT con y sin correlaciones (figura 1).



Fuente: Elaboración propia.

Las curvas presentan diferencias: al existir correlaciones, los espacios entre las curvas sin y con correlaciones están constituidos por escenarios que se generan al aleatorizar las variables. En realidad, éstos no existen dado que sí hay correlaciones. Al agregar las correlaciones, la curva se ensancha (tiene mayor riesgo) y hay frecuencias de los valores medios, más dispersas. Cifras extremas

como mínimo y máximo, rara vez se observan; sin embargo, puede verse aquí un desplazamiento de ellas: el mínimo de 294.552 US\$ sin correlaciones, baja a 160.888 US\$ al incluir las correlaciones.

Para ver con más claridad se incluye la curva de probabilidad acumulada del MBT (Figura 2).

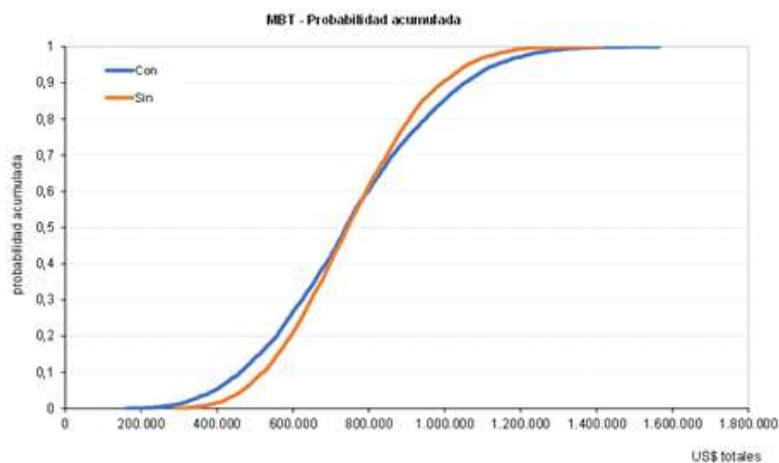


Figura 2: Curvas comparadas de probabilidad acumulada de MBT con y sin correlaciones

El “cruce de curvas” se da en los valores medios que permanecen sin variaciones; pero hay “escenarios inexistentes” ya mencionados, que interesan sobre todo en el área de los valores más bajos (al productor no le preocupan las mayores ganancias). El área izquierda es justamente la zona donde se considera la probabilidad de pérdida, comparando con cifras

tales como costos fijos, indirectos, préstamos tomados que deben pagarse, etc. y que se tienen en cuenta a la hora de tomar una decisión. Si no se consideran las correlaciones, podría inducirse al productor a seleccionar planes con riesgos mayores a los que estaría dispuesto a aceptar.

Conclusiones

Al incluir correlaciones (de medianas a altas), no se observaron cambios significativos en los resultados medios.

Sí se observaron modificaciones en cuanto a las medidas de variabilidad, y en las características de las distribuciones de resultados.

Los resultados “reales” con correlación indican mayor riesgo (se amplía el ancho de la campana por la mayor dispersión de los resultados). La falta de correlaciones da lugar a posibilidades de compen-

sación entre variables que en la realidad no existen. Se aconseja la inclusión de correlaciones, dado que a priori es muy difícil poder vislumbrar su efecto: no es algo que puede determinarse en forma intuitiva. La Simulación Monte Carlo permite contemplarlas, y en consecuencia evaluar y comparar su efecto de modo más preciso. La herramienta ha tenido amplia difusión por la sencillez de interpretación; pero no siempre se tienen en cuenta las correlaciones.

Consideraciones finales

En el modelo se consideró un único tipo de suelo. Se está trabajando actualmente con dos tipos de suelo. Esto multiplica las variables aleatorias de rendimiento y los coeficientes de correlación entre variables de las diferentes clases de suelo.

Investigaciones anteriores de las autoras expusie-

ron que hay diferencias estadísticamente significativas según la longitud de la serie de datos utilizada para calcular los coeficientes de correlación, así como con los años considerados y/o la fuente de información (4). Esto debe tenerse en cuenta a la hora de calcularlos.

Referencias bibliográficas

1. Berger, 2015. Cultivar Conocimiento Agropecuario. Área Economía. Cultivar decisiones Número 63 – 18 de febrero de 2015.
2. Berger, A. y J. Coluccio Leskow. 2009. Análisis de portfolios agrícolas: un ejemplo integrando simulación Monte Carlo y simulación agronómica. En: «Modelización económica en el sector agropecuario III». Editores: Carmen Vicién, Susana Pena y Gerardo Petri. Orientación Gráfica Editora. Buenos Aires. p. 125-140.
3. Berger y Pena de Ladaga, 2016. Decisiones riesgosas en empresas agropecuarias. Simulación Monte Carlo como herramienta para el productor y el asesor. 2da. Edición corregida y ampliada. Editorial Orientación Gráfica Editora. ISBN 978-987-1922-17-8. 120 p.
4. Berger A.; L. Frank; S. Pena de Ladaga y I.S. Westen. 2011. Efecto del empleo de coeficientes de correlación de precios calculados con series de distinta longitud en los resultados económicos de un portfolio agrícola. Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires. Tomo 31 No. 1 / 2: 53-63.
5. Boussard, J. M. 2015. El riesgo en las decisiones de la producción agropecuaria: aspectos microeconómicos. En: «Notas sobre economía de la agricultura y las empresas agropecuarias y agroindustriales». Editora: Carmen Vicién. Orientación Gráfica Editora. Buenos Aires p. 15-58.
6. Cultivar Conocimiento Agropecuario S. A., 2019. www.cultivaragro.com.ar/rindes
7. Domonte, M. 2010. Portfolios agrícolas eficientes: análisis económico de sistemas productivos en condiciones de riesgo, asociado a la diversificación de ambientes y actividades. Trabajo de intensificación para optar al título de Lic. en Economía y Administración agrarias. Facultad de Agronomía-UBA. Directora: Susana Pena de Ladaga; Consultora: Ariadna Berger. 76 p.
8. Harwood, J.; R. Heifner; K. Coble; J. Perry and A. Somwaru. 1999. Managing risk in Farming: Concepts, Research and Analysis. Agricultural Economic Report 744. Economic Research Service, USDA. 125 p.
9. Hardaker, J.B.; huirne, R.B.M.; Anderson, J.R. (2015). Coping with risk in agriculture. [Researchgate.net/profile/Jock_Anderson/publication/26446444532](https://www.researchgate.net/profile/Jock_Anderson/publication/26446444532).
10. Pena de Ladaga y Berger, 2006. Toma de decisiones en el sector agropecuario: Herramientas de Investigación Operativa aplicadas al agro. Editorial Facultad de Agronomía. 308 p. ISBN 978-950-29-0925-7 308 p.
11. Pena de Ladaga, S.; Marra, R.; Ladaga, B.; Sanguinetti, J. (2015). Diversificación y retenciones: análisis mediante un modelo de decisión optimizante. IX Jornadas de Estudios Agrarios y Agroindustriales latinoamericanos. Eje temático: 7: La sojización, aspectos sociales, económicos y ambientales. Facultad de Ciencias Económicas – UBA, 2 al 4 de noviembre 2015.
12. Pena de Ladaga, S.; A. Berger y M. Domonte. 2011. El cultivo de soja y la disminución del riesgo de producción. En: «Soja: Investigación científico técnica desarrollada en el INBA (CONICET/FAUBA) y en la Facultad de Agronomía de la UBA», Editores: Olga Correa, Elba de la Fuente, Marcelo Carmona, Adriana Kantolic y Raúl Lavado. Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires.
13. Pena de Ladaga y Berger, 2019. Optimización estocástica: análisis de ejemplo sencillo para detectar ventajas e inconvenientes en la metodología. Actas de la L Reunión de la Asociación Argentina de Economía Agraria; 1 al 5 de noviembre, Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires. Eje temático: Programación matemática. Investigación operativa.
14. Pena de Ladaga et al., 2016. Composición de un portfolio agrícola: análisis comparado de resultados y riesgos. En Revista on line de la Asociación Argentina de Economía Agraria. http://www.aaea.com.ar/_upload/files/publicaciones/6_20161228114053_4._Composicion_de_un_portfolio_agricola_analisis_comparado_de_resultados_y_riesgos1.pdf
15. Stratta, J. 2001. Administración del riesgo: seguros para el sector agrícola en la Argentina. Departamento de Capacitación y Desarrollo de Mercados. Bolsa de Comercio de Rosario. 15 p.
17. Real Options Valuation Inc. (2022). Comercializado por Software Shop.
18. Vose, D. (2008). Risk Analysis. A quantitative guide. 3rd. Edition. John Wiley & Sons, Ltd. 734 p.

IMPACTO DE LA ELECCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD DE LAS VARIABLES ALEATORIAS SOBRE LA ESTIMACIÓN DEL RIESGO ECONÓMICO DE UN MODELO DE PRODUCCIÓN LECHERA DE ENTRE RÍOS

CUATRIN, ALEJANDRA LORENA* Y ENGLER, PATRICIA

¹EEA Paraná, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
fillat.francisco@inta.gob.ar

Resumen

El riesgo es una característica clave de la mayoría de los problemas empresariales y gubernamentales y es necesario comprenderlo para tomar decisiones racionales. Dentro de las metodologías propuestas para la cuantificación y análisis del riesgo, una de las más utilizadas es la simulación Montecarlo. Para que la simulación sea válida es importante seleccionar una distribución de probabilidad adecuada para el modelo en estudio. El objetivo del trabajo fue evaluar el impacto en variables de resultado, que tiene la estimación de ajustes de funciones de distribución para variables críticas en un sistema de producción de leche. Se parte de un modelo de estimación de riesgo que intenta representar un sistema de producción de leche característico de Entre Ríos. Se seleccionaron dos variables clave de gran relevancia en los resultados económicos del sistema lechero: el precio del alimento balanceado

comercial al 16% de proteína bruta y el precio del litro de leche. La variable de resultado considerada fue la rentabilidad del sistema de producción de leche. Se plantearon tres metodologías para la elección de las distribuciones de probabilidad: estadísticas de bondad de ajuste y triangular ajustada a partir de análisis de series de tiempo y valores asignados por referentes. Las curvas de rentabilidad obtenidas fueron estadísticamente diferentes, por lo cual realizar correctamente la estimación de la distribución de probabilidad para la modelación del riesgo impacta en forma directa en su cuantificación, representado por la probabilidad de que la rentabilidad de un sistema de producción de leche, sea negativa.

Palabras claves: distribución de probabilidad, riesgo económico, producción de leche

Abstract:

Risk is a key feature of most business and government problems and needs to be understood in order to make rational decisions. Among the methodologies proposed for the quantification and analysis of risk, one of the most used is the Montecarlo simulation. For the simulation to be valid, it is important to select an adequate probability distribution for the model under study. The objective of the work was to evaluate the impact on outcome variables, which has the estimation of adjustments of distribution functions for critical variables in a milk production system. It's based on a risk estimation model that tries to represent a milk production system of Entre Ríos. Two key variables of great relevance in the economic results of the

dairy system were selected: the price of commercial balanced feed at 16% crude protein and the price of a liter of milk. The outcome variable considered was the profitability of the milk production system. Three methodologies were proposed for choosing probability distributions: goodness-of-fit statistics and triangular distribution for time series analysis, and values assigned by referents. The profitability curves obtained were statistically different, for which reason correctly estimating the probability distribution for risk modeling has a direct impact on its quantification, represented by the probability that the profitability of a milk production system, be negative. Key words: probability distribution, economic risk, milk production

Introducción

El riesgo es una característica de la mayoría de los problemas empresariales y es necesario comprenderlo para tomar decisiones racionales. Particularmente, en la producción primaria de leche, las variaciones del precio de la leche, de alimentos concentrados y el efecto del clima afectan la productividad, rentabilidad y riesgo de los sistemas lecheros (Baudracco et al, 2017).

Dentro de las metodologías para la cuantificación y análisis del riesgo, una de las más utilizadas es la simulación Montecarlo, un método potente y preciso para diferentes fuentes de incertidumbres. A través de un modelo estadístico, consiste en generar posibles escenarios resultantes de una serie de datos iniciales (Vose, 1996).

Para que la simulación sea válida es importante seleccionar una distribución de probabilidad adecuada para el modelo en estudio (Cova, 2016). La elección adecuada de la distribución de probabilidad de variables aleatorias en un modelo impacta

Materiales y métodos

Se parte de un modelo de estimación de riesgo que intenta representar un sistema de producción de leche característico de Entre Ríos. Se trata de un sistema de 90 hectáreas totales, de las cuales 20 son arrendadas. La carga animal, expresada como la relación entre la cantidad de vacas adultas por unidad de superficie destinada a las mismas (cab VT/ha VT), es de 1,20. La productividad del recurso tierra es de 7.000 litros de leche/haVT/año. Las vacas en producción pastorean todo el año. Esta categoría se suplementa con 6 kilos por día de balanceado comercial por cabeza y con forrajes conservados (heno de pastura y silaje de maíz planta entera).

Para introducir el riesgo en el modelo, y así poder determinar el impacto de la elección de distribuciones sobre los resultados, se seleccionaron dos variables clave de gran relevancia en los resultados económicos del sistema lechero: el precio del alimento balanceado comercial al 16% de proteína bruta (BC) y el precio del litro de leche (Le).

La metodología de simulación empleada fue la de

directamente en los resultados a obtener (Coss Bu, 1995). En los distintos modelos de toma de decisiones que incorporan el análisis de riesgo, es en la asignación de probabilidades y en la elección de una regla o criterio de decisión, donde más dificultades prácticas y teóricas se generan.

Por lo general resulta difícil obtener suficientes datos para estimar distribuciones de probabilidades confiables o, se debe esperar un elevado número de años para disponer de los mismos. Una alternativa consiste en el uso de distribuciones triangulares, basadas en opinión de expertos. Sin embargo, no siempre resultan confiables, debido a la subjetividad de las mismas. La ventaja de esta distribución es su sencillez de cálculo e interpretación (Coss Bu, 1995).

El objetivo del trabajo fue evaluar el impacto en variables de resultado, que tiene la estimación de ajustes de funciones de distribución para variables críticas en un sistema de producción de leche.

Monte Carlo. Se consideraron series de precio mensuales para BC y Le, desde enero de 2016 a setiembre de 2021 (AACREA, 2021). Las variables no estaban correlacionadas ($r=-0,08$; $p\text{-valor}=0,49$). Se trabajó con precios reales. Para ello, se utilizó como deflactor el Índice de Precios Internos Mayoristas (IPIM) cereales y oleaginosas para el caso del precio de BC y el IPIM carne y leche para el precio de Le (INDEC, 2021). Se ajustaron distribuciones de probabilidades para ambas series de precios seleccionadas de un conjunto de posibles distribuciones características para este conjunto de datos. Se trabajó con: normal, Cauchy, logística, exponencial, chi cuadrado, gamma, lognormal, Weibull, F y Student. Se ajustaron los parámetros de las distribuciones de interés bajo la metodología de máxima verosimilitud. En el caso de las distribuciones de probabilidad seleccionadas, se estimaron los errores estándares (EE)

de los parámetros estimados. Para la selección de las distribuciones de probabilidad para las variables aleatorias seleccionadas, se siguieron dos criterios:

Resultados preliminares

1) Seleccionar la distribución a través del criterio de información de Akaike (AIC): Cuanto menor sea el valor, mejor es el ajuste de los datos a la distribución planteada (Burnham y Anderson, 1998).

2) Seleccionar la distribución triangular: Su cálculo se basa en tres parámetros y para su estimación se utilizaron dos alternativas:

a) Valores informados por referentes calificados, metodología comúnmente utilizada cuando no se tiene la información de las series de precios. Se consultaron a tres referentes locales a fin de consensuar los valores a considerar para el ajuste de la distribución.

b) A partir de modelos autorregresivos de análisis de series de tiempo (ARIMA), se estimaron los valores predichos para el siguiente ejercicio (12 meses) y los valores máximos y mínimos en relación al intervalo de predicción del 95% de confianza. A

partir de estos se calculó los parámetros de la triangular.

La variable de resultado considerada fue la rentabilidad del sistema de producción de leche, expresada como la relación porcentual entre el ingreso neto y el capital invertido promedio anual (Engler et al., 2016). Esta variable económica expresa la tasa de retorno que se logra por el capital invertido. El riesgo se cuantifica como el valor de la rentabilidad esperada (valor más probable) y la probabilidad de que sea menor que cero, es decir, negativa.

La comparación de las curvas de riesgo generadas se realizó a través de la metodología propuesta por Kolmogorov-Smirnov (Daniel, 1990). Los ajustes de las distribuciones y las pruebas estadísticas propuestas se llevaron a cabo con el software R (2021) y @Risk de Palisade Inc ($\alpha=0,05$).

Resultados y discusión

En la Tabla 1 se presentan las 4 mejores distribuciones de probabilidad ajustadas para el precio de la leche y del balanceado y sus estadísticas de bondad de ajuste las cuales fueron consideradas para la elección de la mejor distribución.

Tabla 1: Estadísticas de bondad de ajuste según las diferentes distribuciones de probabilidad planteadas para: a) el precio de la leche y b) precio del balanceado comercial.

a)

Distribución	Precio de la leche (\$/l)		
	- log L	AIC	BIC
Weibull	-173,1	350,2	354,67
Logística	-174,61	353,22	357,69
Normal	-177,38	358,76	363,22
Gamma	-180,35	364,69	369,16

b)

Distribución	Precio del balanceado (\$/l)		
	- log L	AIC	BIC
Logística	-121,37	246,74	251,20
Cauchy	-122,61	249,22	253,68
Log Normal	-124,23	252,46	256,92
Gamma	-124,33	252,65	257,12

Para el caso del precio de la leche según los criterios planteados se seleccionó una única distribución que fue la Weibull. Los parámetros de ajuste del modelo indicaron un factor de forma $\alpha = 12,10$ (EE=1,12), mientras que el factor de escala $\beta = 32,17$ (EE=0,34), indica que la distribución tiene un elevado grado de agudeza.

Para el caso del precio del balanceado fue la distribución Logística. Los parámetros de esta distribución son $\alpha=25,38$ (EE=0,16) y $\beta=0,76$ (EE=0,08).

En relación al ajuste de la serie de tiempo para el caso del precio de la leche ajustó un ARIMA(0,1,1)(0,0,1)[12], este se caracteriza por una marcada estacionalidad, siendo los parámetros de ajustes $\rho=0,9698$ y $AIC=197,31$.

Para el caso del precio del balanceado, la serie no mostró estacionalidad, como así tampoco una tendencia, por lo cual se lo pudo ajustar un MA(2) siendo los parámetros de ajustes

=0,2703 y AIC=237,57 -
 En la Tabla 2 se presentan los parámetros elegidos para los tres modelos según las variables aleatorias seleccionadas.

Tabla 2: Parámetros de los modelos contemplados para la simulación del riesgo

Modelo	Criterios	Leche	Balanceado
M1	Según AIC	Weibull (12,1; 32,2)	Logistic (25,4;0,73)
M2	Triangular ajuste serie de tiempo	m =33,07 a = 26,57 b = 39,57	m = 25,50 a = 22,56 b = 28,54
M3	Triangular Parámetros referentes	m =35,5 a =31,7 b =40,0	m =25,0 a = 23,5 b = 33,0

Realizada la prueba de comparación de curvas de riesgo de los tres modelos por el método de Kolmogorov - Smirnov se observa que estadísticamente todas las curvas serían diferentes entre sí ($p < 0,001$).

aportados por referentes, la probabilidad de que la rentabilidad resulte negativa, es cero. En relación al valor esperado máximo en el M1 alcanzaría rentabilidades cercanas al 5%, mientras que M2 y M3 plantean la probabilidad de llegar a rentabilidades cercanas al 7,5% (Figura 1).

La probabilidad de alcanzar una rentabilidad negativa para M1 es del 20% mientras que para el M2 es solo del 3%. Con el M3, cuyos parámetros fueron

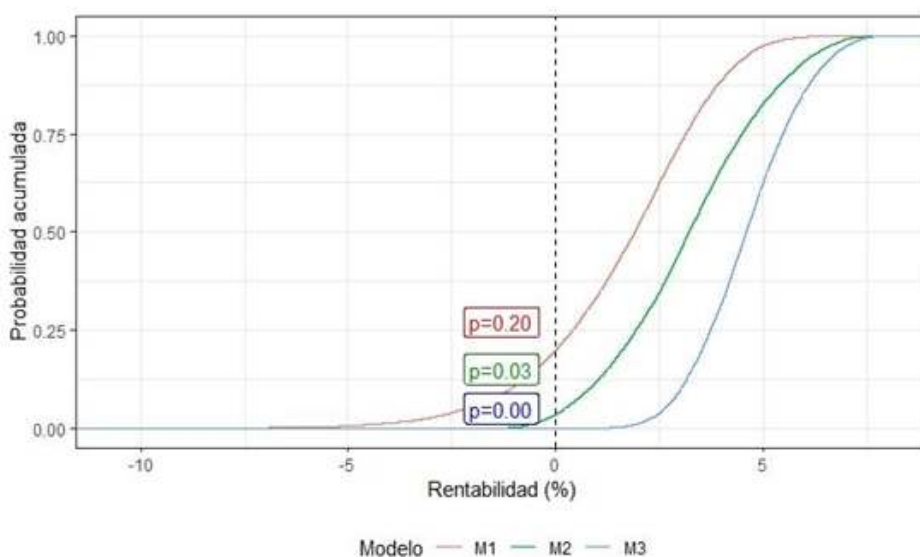


Figura 1: Probabilidad acumulada de la rentabilidad para los tres modelos planteados.

Conclusiones

Con el método de simulación Montecarlo, se cuantifica el riesgo mediante la selección de variables críticas y seleccionando y ajustando funciones de probabilidad que representen su posible comportamiento. La probabilidad es la posibilidad de materialización del riesgo analizado. Sin embargo, se debe considerar que, en cualquier caso, se trata de probabilidad teórica ya que la cuantificación exacta es imposible toda vez que el riesgo cero no existe.

Realizar correctamente la estimación de la distribución de probabilidad para la modelación del riesgo impacta en forma directa en su cuantificación, representado por la probabilidad de que la rentabilidad de un sistema de producción de leche, sea negativa. En este sentido, resulta importante una vez seleccionadas las variables críticas, contar con información, series de datos que permitan realizar un correcto tratamiento de ellos para disminuir el error de ajuste.

Referencias bibliográficas

AACREA, (2021). Software Series de Precios.

Baudracco, J., Maiztegui, J.; Jáuregui, J, Lazzarini, B., Rosset, A., y Gagliardi, R. 2017. Productividad, resultado económico y riesgo de sistemas lecheros en el centro-norte de Argentina. *Chilean J. Agric. Anim Sci, ex Agro-Ciencia* 3:152-162

Burnham, K.P. y Anderson, D.R. (1998) *Model selection and multimodel inference. A practical Information – Theoric approach. Second edition.* Springer. .

Cova, W. (29 de junio 2022) *Sistemas, Modelos, Simulación y un toque de Epistemología.* http://www.edutecne.utn.edu.ar/monografias/sistemas_modelos_simulaci/%F3n.pdf

Coss Bu, R. (1995) *Análisis y evaluación de proyectos de inversión.* Limusa Noriega Editores.

Daniel, W. (1990). *Applied nonparametric statistics.* PWS-KENT Pub.

Engler, P. Gastaldi. L. Marino, M y Esnaola, I. 2016. *Costos regionales de los sistemas primarios de producción de leche.* Ediciones INTA. 31 pp. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_metodologia_costos_de_leche_2016.pdf

INDEC, 2021. (18 junio 2021) *Serie IPIM.* <http://www.indec.gob.ar>

Miller, I. y Freund, J. (1984) *Probabilidad y estadística para ingenieros.* Editorial Reverté Mexicana S.A.

R Core Team (2021). *R: A language and environment for statistical computing.* R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Vose, D. 1996. *Quantitative risk analysis: A guide to Monte Carlo simulation modelling.* John Wiley&Sons Ltd. ISBN 0-471 95803-4. England.

@Risk v. 7.0 Software de análisis de riesgo. Palisade Inc.

Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria



Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Pesca



Ministerio de Economía
Argentina