Clima de cambios

NUEVOS DESAFÍOS DE ADAPTACIÓN EN URUGUAY

Resultado del proyecto: TCP/URU/3302 Nuevas Políticas para la Adaptación de la Agricultura al Cambio Climático

MINISTERIO DE GANADERÍA
AGRICULTURA Y PESCA
REPÚBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY

Compilado

Clima de cambios

NUEVOS DESAFÍOS DE ADAPTACIÓN EN URUGUAY

Compilado

Resultado del proyecto: TCP/URU/3302 Nuevas Políticas
para la Adaptación de la Agricultura al Cambio Climático

MINISTERIO DE GANADERÍA
AGRICULTURA Y PESCA
REPÚBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Las opiniones expresadas en este producto informativo son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista o políticas de la FAO.

ISBN 978-92-5-308006-9 (edición impresa)
E-ISBN 978-92-5-308007-6 (PDF)

© FAO, 2013

La FAO fomenta el uso, la reproducción y la difusión del material contenido en este producto informativo. Salvo que se indique lo contrario, se podrá copiar, imprimir y descargar el material con fines de estudio privado, investigación y docencia, o para su uso en productos o servicios no comerciales, siempre que se reconozca de forma adecuada a la FAO como la fuente y titular de los derechos de autor y que ello no implique en modo alguno que la FAO aprueba los puntos de vista, productos o servicios de los usuarios.

Todas las solicitudes relativas a la traducción y los derechos de adaptación así como a la reventa y otros derechos de uso comercial deberán dirigirse a www.fao.org/contact-us/licence-request o a copyright@fao.org.

Los productos de información de la FAO están disponibles en el sitio web de la Organización (www.fao.org/publications) y pueden adquirirse mediante solicitud por correo electrónico a publications-sales@fao.org.

El documento estará disponible en:
http://www.fao.org/climatechange/84982/es

Editores: Walter Oyhantcabal, Diego Sancho y Malvina Galván
Corrección de estilo: Malvina Galván
Diseño: Esteban Grille
Foto de tapa "Sequía de 2008": Ricardo Antúnez

Impreso con el apoyo del Proyecto "Desarrollo y Adaptación al Cambio Climático" (DACC)/Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP) – Préstamo Banco Mundial – 8099-UY

Esta publicación es síntesis de la siguiente serie de documentos:

MGAP-FAO, 2012. Clima de cambios: Nuevos desafíos de adaptación en Uruguay. Variabilidad climática de importancia para el sector productivo. Volumen I. Autores: Bidegain, Mario; Crisci, Carolina; del Puerto, Laura; Inda, Hugo; Mazzeo, Néstor; Taks, Javier; y, Terra, Rafael. Coordinadores: Néstor Mazzeo y Hugo Inda. Resultado del TCP/URU/3302, Montevideo.

MGAP-FAO, 2013. Clima de cambios: Nuevos desafíos de adaptación en Uruguay. Volumen II. La percepción de productores y técnicos agropecuarios. Autores: Equipos Mori. Resultado del TCP/URU/3302, Montevideo.

MGAP-FAO, 2013. Clima de cambios: Nuevos desafíos de adaptación en Uruguay. Volumen III. Sensibilidad y capacidad adaptativa de la ganadería frente al cambio climático. Autores: Bartaburu, Danilo; Morales, Hermes; Dieguez, Francisco; Lizarralde, Carolina; Quiñones, Amparo; Pereira, Marcelo; Molina, Carlos; Montes, Esteban; Modernel, Pablo; Taks, Javier; De Torres, Fernanda; Cobas, Paula; Mondelli, Mario; Terra, Rafael; Cruz, Gabriela; Astigarraga, Laura; Picasso, Valentin. Resultado del FAO/TCP/URU/3302, Montevideo

MGAP-FAO, 2013. Clima de cambios: Nuevos desafíos de adaptación en Uruguay. Volumen IV. Sensibilidad y capacidad adaptativa de la lechería frente al cambio climático. Autores: Astigarraga, Laura; Cruz, Gabriela; Caorsi, M. Laura; Taks, Javier; Cobas, Paula; Mondelli, Mario; Picasso, Valentin. Resultado del Proyecto FAO/TCP/URU 3302, Montevideo.

MGAP-FAO, 2013. Clima de cambios: Nuevos desafíos de adaptación en Uruguay. Volumen V. Sensibilidad y capacidad adaptativa de la agricultura de secano y el arroz frente al cambio climático. Autores: Mazzilli, Sebastián; Bonilla, Camila; Siri, Guillermo; Arbeletche, Pedro; Rubio, Valentina; Bacigaluz, Pilar; Taks, Javier; García, Martín; Cobas, Paula; Mondelli, Mario; Cruz, Gabriela; Astigarraga, Laura; Picasso, Valentín. Resultado del Proyecto FAO/TCP/URU 3302, Montevideo.

MGAP-FAO, 2013. Clima de cambios: Nuevos desafíos de adaptación en Uruguay. Volumen VI. Sensibilidad y capacidad adaptativa de la viticultura y la fruticultura frente al cambio climático. Autores: Ferrer, Milka; Camussi, Gianfranca; Fourment, Mercedes; Varela, Victoria; Pereyra, Gustavo; Taks, Javier, Contreras, Soledad; Cobas, Paula; Mondelli, Mario; Cruz, Gabriela; Astigarraga, Laura; Picasso, Valentín. Resultado del proyecto FAO/TCP/URU 3302, Montevideo.

MGAP-FAO, 2013. Clima de cambios: Nuevos desafíos de adaptación en Uruguay. Volumen VII. Estudio sobre políticas públicas y medidas de adaptación del sector agropecuario al cambio climático. Autores: Rosas, Juan Francisco; Arboleya, Ignacio; Carriquiry, Miguel A.; Licandro, Hugo; Millán, Juan; Picasso, Valentín. Resultado del proyecto FAO/ TCP/URU 3302, Montevideo.

Contenido

Equipo del proyecto **6**

Prólogo **7**

Introducción **9**

1. La percepción de productores y técnicos agropecuarios **11**

1.1. Objetivos y metodología 12
1.2. Conocimiento y percepción de los problemas vinculados al clima 13
1.3. Estrategias y medidas de adaptación 19
1.4. Manejo de la carga animal 25
1.5. Acceso y uso de la información meteorológica y climática 30
1.6. Participación de los productores y estrategias asociativas 36
1.7. Consideraciones finales 40

2. Variabilidad climática de importancia para el sector productivo **43**

2.1. Introducción 44
2.2. Aproximación metodológica 45
2.3. Variabilidad climática del Holoceno 55
2.4. Variabilidad climática en el siglo xx en Uruguay y la región 62
2.5. Eventos climáticos de interés para el sector productivo 71
2.6. Principales tendencias constatadas en el registro instrumental 87
2.7. Escenarios futuros de variabilidad climática 88
2.8. Consideraciones finales 98

3. Sensibilidad y capacidad adaptativa de los agro-ecosistemas frente a los efectos del cambio climático **101**

3.1. Introducción 102
3.2. Ganadería 103

3.3. Lechería 134
3.4. Agricultura de secano 154
3.5. Arroz 175
3.6. Fruticultura 188
3.7. Viticultura 202

4. Impacto macroeconómico de las sequías y del fenómeno El Niño-Oscilación Sur 223

4.1. Introducción 224
4.2. La importancia del sector agropecuario en la economía nacional 224
4.3. Metodología de evaluación de impacto económico 225
4.4. Ganadería: identificación del impacto de la sequía en la producción 227
4.5. Lechería: identificación del impacto de la sequía en la producción 229
4.6. Agricultura de Secano: identificación del impacto del evento Niña/Niño en la producción de trigo, maíz y soja 232
4.7. Cultivo de Arroz: identificación del impacto del evento Niño/Niña en la producción 234
4.8. Comentarios finales 236

5. Estudio sobre políticas públicas y evaluación de medidas de adaptación del sector agropecuario al cambio climático 239

5.1. Introducción 240
5.2. Metodología de trabajo 240
5.3. Contexto y justificación de las medidas analizadas 241
5.4. Análisis de las medidas propuestas 242
5.5. Consideraciones finales 270

6. Capacidad de adaptación y transformación en un clima de cambios 273

6.1. Simplicidad en la complejidad 274
6.2. Estrategias y desafíos futuros 277

7. Referencias bibliográficas 285

Equipo del proyecto

Tomás Lindemann
Oficial de Recursos Naturales, Instituciones

Vicente Plata
Representante Asistente (Programas) FAO-Uruguay

Walter Oyhantçabal
Director de la Unidad Agropecuaria de
Cambio Climático, OPYPA-MGAP

Diego Sancho
Consultor Nacional
FAO Uruguay

Prólogo

Estamos en clima de cambios: según el último informe de evaluación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2013) desde 1880 la temperatura media del planeta aumentó 0,85°C y junto con este aumento se observan cambios relevantes en el comportamiento de las precipitaciones, en la superficie cubierta con hielo, en el nivel medio del mar, entre otros. El IPCC prevé que esta tendencia se acelerará y que la temperatura media del planeta puede subir por encima de 2 °C, e incluso superar los 4°C, lo que dependerá de la manera en que se desarrolle la sociedad en los próximos años. La mayoría de los científicos está de acuerdo en que un aumento que supere 2°C —respecto a los niveles previos a la Revolución Industrial— sería muy peligroso, porque podría alterar el clima de manera irreversible, lo que comprometería la seguridad alimentaria mundial y los medios de vida.

El desarrollo sostenible, que satisface las necesidades actuales de las personas sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas, significa integrar de forma armoniosa a una economía racional y viable, una gobernanza responsable, equidad social e integridad ecológica. Sin embargo el cambio climático compromete seriamente el logro de estos objetivos.

Estamos en una de las regiones del mundo de mayor variabilidad climática y el aumento de esta variabilidad forzado por el cambio climático (ya observado) y un posible incremento en la frecuencia de eventos extremos, como sequías, impactarán la productividad agropecuaria, los ingresos y costos de las explotaciones y, por lo tanto, su sostenibilidad. Para países como Uruguay, estos efectos se trasladan fuertemente a las variables macroeconómicas, al empleo y a las exportaciones, y terminan afectando a toda la sociedad. Tomar medidas prácticas de adaptación al incremento del riesgo climático es, entonces, ineludible para Uruguay y ha sido definido como una prioridad estratégica en la presente administración, en particular cuando nuestro país experimenta un proceso de intensificación en el uso agropecuario de sus recursos naturales.

Las estrategias para avanzar en el desarrollo sostenible y responder al cambio climático tienen más de un componente común, que cuando se aplican conjuntamente dan origen a sinergias y co-beneficios. El Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP) ha incorporado la adaptación en las políticas de desarrollo, ejemplos claros de esto son: los proyectos "Desarrollo y Adaptación al Cambio Climático" y "Ganaderos Familiares y Cambio

Climático", las políticas de cuidado de los suelos mediante Planes de Uso y Manejo y el desarrollo de políticas hacia un uso más eficiente del campo natural y los recursos hídricos.

Sin embargo, desarrollar estos proyectos y políticas en forma eficiente requiere vínculos con la ciencia básica y la investigación aplicada, que asistan en la toma de decisiones. Adaptarnos a la variabilidad y el cambio climático requiere responde preguntas básicas como: ¿A qué hay que adaptarse? ¿Qué y quién se debe adaptar? ¿Qué percepciones y actitudes tienen los productores agropecuarios sobre el clima y la necesidad de la adaptación? ¿Qué opciones resultan atractivas y viables para reducir la vulnerabilidad de los agro-ecosistemas y para construir resiliencia ante las perturbaciones climáticas? ¿Cómo se desarrolla capacidad institucional para implementar medidas de adaptación?

Este libro sintetiza los resultados de los diferentes trabajos realizados en el marco del proyecto Nuevas Políticas de Adaptación de la Agricultura al Cambio Climático (TCP/URU/3302), de cooperación técnica entre el MGAP y la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), y busca aportar respuestas a éstas y otras interrogantes relevantes. Asimismo, este libro demuestra lo que se puede logar cuando se trabaja en coordinación entre organismos multilaterales y la institucionalidad agropecuaria ampliada del Uruguay.

Ing. Agr. Tabaré Aguerre
Ministro de Ganadería, Agricultura y Pesca. Uruguay, octubre de 2013

Introducción

En mayo del año 2009, el gobierno uruguayo creó el Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático (SNRCC) con el objetivo de coordinar y planificar las acciones necesarias públicas y privadas de prevención de riesgos, mitigación y adaptación al cambio climático.

En 2010, el MGAP definió que la adaptación del sector agropecuario al cambio climático es una prioridad estratégica, y debe ser encarada con un enfoque trasversal, al interior de la Secretaría de Estado y hacia la institucionalidad agropecuaria ampliada. La tarea de identificar, evaluar y proponer políticas relacionadas con la adaptación a la variabilidad climática es una función de la Unidad Agropecuaria de Cambio Climático de la Oficina de Programación y Política Agropecuaria (OPYPA) del MGAP.

La adaptación planeada al cambio climático es una materia relativamente nueva en Uruguay y su mejor desarrollo necesita ser asistido por la ciencia. Si un objetivo de la adaptación es reducir la vulnerabilidad, es importante tener claro que ésta es en realidad una función compleja de tres grandes dimensiones: la exposición climática, la sensibilidad de los sistemas y la capacidad adaptativa. El presente proyecto, de cooperación técnica con FAO, se propuso considerar estas tres dimensiones en conjunto como base para el diseño de las políticas.

En este contexto, se identificó la necesidad del apoyo de FAO mediante un proyecto de cooperación técnica. En concreto el MGAP planteó a la FAO un proyecto para alcanzar los siguientes resultados:

1.- Analizar la vulnerabilidad de los principales agro-ecosistemas del Uruguay ante los efectos de la variabilidad y el cambio climático.

2.- Contribuir a formular la estrategia sectorial y las propuestas de políticas públicas e instrumentos de adaptación al cambio climático mediante la identificación y evaluación de opciones para la reducción de la vulnerabilidad.

3.- Generar metodologías de análisis de la vulnerabilidad y desarrollar indicadores que permitan el monitoreo de la eficacia de las medidas de adaptación implementadas a nivel de terreno para reducir la vulnerabilidad.

En respuesta a la solicitud del MGAP, la FAO aprobó el proyecto "Nuevas políticas para la adaptación del sector agropecuario al cambio climático" en 2011 (TCP/URU/3302) —que dio inicio en marzo del mismo año-, con un presupuesto asignado de 325 000 dólares y con una duración de 26 meses, que se extendió hasta mayo del año 2013. Para facilitar la ejecución la FAO contrató un consultor, desde setiembre de 2011 hasta la finalización del proyecto, para la identificación de ventajas comparativas del Uruguay ante el cambio

climático y para cumplir el papel de facilitador interinstitucional en la formulación de la estrategia de adaptación al cambio climático en el sector agropecuario.

El desarrollo de medidas de adaptación de la agricultura al cambio climático se encuentra comprendido entre las temáticas a abordar de acuerdo al Marco de Asistencia de las Naciones Unidas para el Desarrollo (MANUD) y el Marco Nacional de Prioridades de Mediano Plazo 2007-2010 (MNPMP), firmado por el gobierno uruguayo con el Sistema de Naciones Unidas y la FAO, respectivamente.

Asimismo el tema es consistente con el Marco Estratégico de FAO 2010-2019 en su Objetivo Estratégico (F) sobre: Gestión sostenible de las tierras, las aguas y los recursos genéticos y mejora de las respuestas a los desafíos ambientales mundiales que afectan a la alimentación y la agricultura. Es así que el proyecto contribuyó específicamente al Resultado de la Organización F7, donde se expresa la intención de fortalecer la resistencia de los sistemas de producción agrícola y de alimentos al cambio climático.

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados, la FAO suscribió los siguientes acuerdos y contratos en el siguiente orden cronológico:

- Carta de Acuerdo con la Fundación SARAS, para realizar una descripción de clima en el Uruguay y su evolución esperable en el mediano y largo plazo.
- Carta de Acuerdo con la Universidad de la República, para estudiar la sensibilidad y capacidad adaptativa de los principales agro-ecosistemas a los efectos del cambio y variabilidad climática, e identificar alternativas para reducir dicha sensibilidad.
- Carta de Acuerdo con el Centro Interdisciplinario de Estudios sobre el Desarrollo, para la elaboración de mapas de vulnerabilidad.
- Contrato de servicios con Equipos Mori para estudiar las percepciones de los productores sobre la problemática del cambio climático y el manejo de opciones de adaptación.
- Carta de Acuerdo con el Centro de Investigaciones Económicas, para estudiar costos y beneficios de un conjunto de medidas de adaptación, y detectar barreras para la instrumentación de las más promisorias.

Un beneficio adicional, pero no menor del proyecto, fue que fortaleció los vínculos entre la academia y el MGAP en temas relacionados con la adaptación al cambio climático. En este sentido, este proyecto se caracteriza por responder a un desafío que se plantean los gobiernos de la región y, por lo tanto, la Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe (RLC), de reforzar la alianza entre el mundo académico y los decisores de políticas de modo en que estas últimas estén crecientemente informadas por evidencia científica.

Se fortalecieron las capacidades del MGAP para la comprensión del clima y sus tendencias en el Uruguay, en especial con lo referido al estudio de la recurrencia de eventos extremos como la sequía. A partir de este estudio se han elaborado nuevas hipótesis de trabajo referidas a los aspectos de sensibilidad de los agro-ecosistemas, acerca de cómo la vulnerabilidad puede aumentar —incluso a igual variabilidad climática- si los sistemas se intensifican en una dirección no sostenible y qué incrementa el riesgo climático.

Walter Oyhantçabal

Director de la Unidad Agropecuaria de Cambio Climático de OPYPA - MGAP

Tomás Lindemann

Oficial de Recursos Naturales (NRC) de FAO

1

La percepción de productores y técnicos agropecuarios

Elaborado por Equipos Mori

MENSAJES CLAVE

- Los productores están en conocimiento del cambio climático y sus implicancias aunque existe un gran margen de acción en precisar tanto conceptos difusos como la aplicación real de los pronósticos meteorológicos a corto y mediano plazo.
- Las principales medidas de adaptación que se identifican se relacionan a la falta de agua, en tanto que el manejo del campo natural es poco conocido y aplicado por los productores ganaderos.
- Las barreras percibidas por los productores para aumentar su nivel de adaptación se relacionan con los costos de las medidas que se conocen y las dificultades para encontrar financiamiento.
- Un gran número de productores ganaderos se manejan por lo que consideran rentable a corto plazo e identifican en la reducción de la carga animal una pérdida de capitalización.
- Las soluciones asociativas analizadas (banco de forraje y represa multipredial) son consideradas positivas por un alto porcentaje de productores sin embargo se reconocen las dificultades para implementarlas.

1.1. Objetivos y metodología

Objetivos

El objetivo general de esta investigación fue generar información cualitativa y cuantitativa que aporte al proyecto Nuevas Políticas de Adaptación de la Agricultura al Cambio Climático (MGAP-FAO 3202) insumos sobre las percepciones, actitudes y comportamientos de los productores agropecuarios sobre la vulnerabilidad al cambio y la variabilidad climática.

Los objetivos específicos que guiaron el estudio fueron los siguientes:

- Conocer el nivel de sensibilización respecto a los efectos de la variabilidad climática y el cambio climático.
- Indagar las causas (dentro del predio y fuera de él) que se identifican como generadoras de vulnerabilidad climática.
- Indagar el conocimiento de acciones y medidas concretas que disminuyan la vulnerabilidad climática y mejoren la gestión de los riesgos.
- Identificar las acciones y estrategias ya introducidas como respuesta y las acciones planeadas.
- Identificar barreras percibidas para la adopción de medidas de adaptación.
- Relevar demandas hacia las instituciones públicas (nacionales y locales) y las organizaciones.
- Conocer la disposición a involucrarse en procesos asociativos de manejo del riesgo climático.
- Caracterizar la percepción de los productores respecto a su rol en la gestión sostenible de los recursos naturales.

Metodología y proceso de recolección de información

Para la consecución de estos objetivos se planteó una estrategia metodológica mixta, que combina técnicas de investigación cualitativa y cuantitativa.

A.- Entrevistas individuales a referentes técnicos y autoridades de organizaciones de productores.

B.- Se realizaron 18 entrevistas, tanto telefónicas como personales, entre octubre y diciembre de 2012. De esas entrevistas la mitad se concentró en técnicos relacionados a ganadería (9), aunque también se entrevistaron técnicos vinculados a lechería (4), agricultura (2), arroz (2) y fruti-horti-viticultura (1).

Entrevistas grupales con productores agropecuarios representantes de organizaciones de base que participan en Mesas de Desarrollo Rural (MDR).

C.- Se realizaron seis entrevistas grupales entre octubre y noviembre de 2012, segmentadas por tipo de producción y región: se realizaron tres grupos con productores ganaderos (en las localidades de: José Batlle y Ordoñez, Masoller y Tacuarembó), dos grupos con productores lecheros (Cardal y San José) y el restante con productores horti-frutícolas (Rincón del Colorado-Canelones).

Se realizaron 342 encuestas efectivas, entre los meses de diciembre de 2012 y enero de 2013, segmentadas en cuatro grupos según el tipo de producción principal (ganadería, lechería, agricultura extensiva y fruti-horti-viticultura).

Tabla 1.1. Cantidad de casos realizados según rubro de producción principal

RUBRO PRINCIPAL	CASOS
Ganadería	189
Lechería	79
Agricultura extensiva	39
Fruti-Horti-Viticultura	35
TOTAL	342

Consideraciones generales

Al momento de leer e interpretar los resultados del este estudio es necesario tener en cuenta que, a pesar de que se presenta información desagregada en cuatro rubros de producción (ganadería, lechería, fruti-horti-viticultura y agricultura), el foco estuvo puesto principalmente en ganadería y de forma secundaria en lechería. Esto se refleja en la distribución de las entrevistas realizadas y en la cantidad de casos asignados a cada rubro en la encuesta.

La información acerca de agricultura extensiva y fruti-horti-viticultura de la encuesta debe manejarse con cuidado ya que pueden presentar niveles de error muestral considerablemente grandes.

Los resultados del presente estudio deben ser interpretados como una primera aproximación a estos temas, con fines básicamente de tipo exploratorio y descriptivo. La capacidad de inferencia de los resultados de la encuesta al universo de productores de los distintos rubros (especialmente de agricultura extensiva y fruti-horti-viticultura) es limitada.

Sin embargo, los resultados son de utilidad para comenzar a entender las percepciones y actitudes de los productores en torno a una temática de investigación que ha sido poco desarrollada a nivel nacional.

Por otra parte, cabe aclarar que en muchas tablas y figuras donde se presenta información de la encuesta, la suma de porcentajes puede totalizar menos o más de 100%. Esto se debe a que los programas estadísticos utilizados para el procesamiento de la información redondean los decimales de tal forma que la suma de las diferentes categorías no siempre totaliza 100%.

1.2. Conocimiento y percepción de los problemas vinculados al clima

Conocimiento y percepciones sobre cambio climático

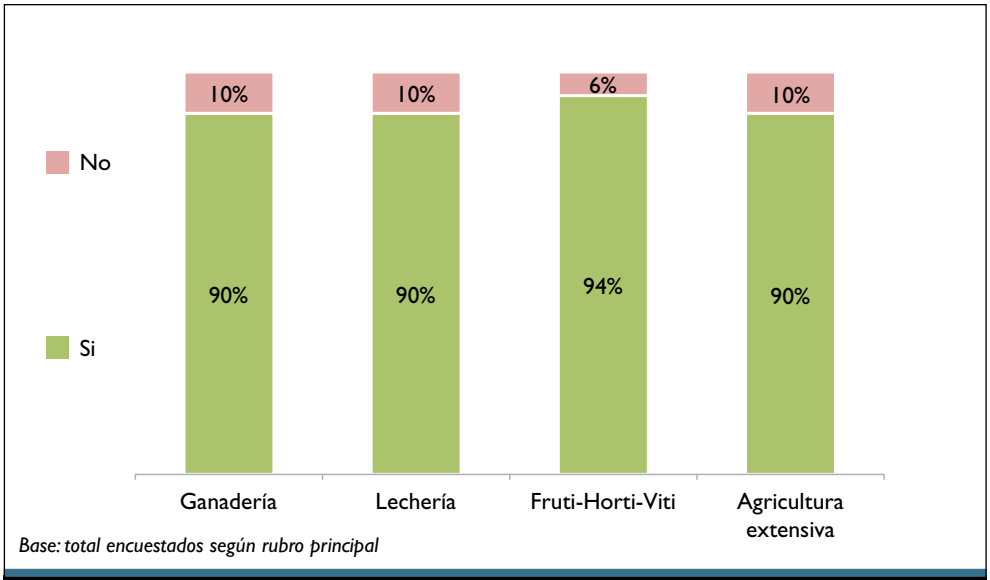
Los problemas relacionados al clima se ubican entre los más mencionados a nivel espontáneo por los productores, ubicándose entre el segundo y el cuarto lugar de importancia en los diferentes rubros.

Esto marca una novedad importante, ya que junto con los tradicionales problemas de carácter económico (costos, precios, acceso a mercados, valor del dólar, etc.) los productores comienzan a tener al clima como una de sus principales preocupaciones en el manejo de su actividad.

Tabla 1.2. Principal problema del sector
(Pregunta: ¿Cuál es para Ud. el principal problema que enfrentan los productores de su rubro en Uruguay? - Espontánea)

	Ganadería	Lechería	Fruti-Horti-Viti	Agricultura extensiva
COSTOS de producción (insumos, combustible, etc.)	13%	35%	17%	31%
CLIMA (cambio climático, sequía, lluvias, etc.)	13%	10%	11%	15%
Precios de venta / Rentabilidad	8%	14%	17%	13%
Mercado / Comercialización	4%	5%	26%	8%
Impuestos	13%	4%		8%
Dólar	11%	4%		5%
Acceso a tierras / Valor campos	4%	13%		
Mano de obra / Personal	2%	3%	9%	3%
Falta de competitividad	2%		3%	5%
Políticas / Gobierno		1%	6%	
Caminería	5%			
Financiamiento	3%			
Otros	12%	5%	6%	10%
Ninguno	4%	1%		3%
No sabe	7%	5%	6%	0%

Base: total encuestados según rubro principal



Base: total encuestados según rubro principal

Figura 1.1: Conocimiento del concepto cambio climático
(Pregunta: ¿Ha escuchado hablar o leído sobre "cambio climático" en el planeta?)

A nivel de los productores agropecuarios consultados en la encuesta se observa que la amplia mayoría de ellos, en todos los rubros, está familiarizada con el concepto de cambio climático. Al menos el 90% de los productores de todos los rubros relevados conoce o ha escuchado hablar de cambio climático. Esta realidad muestra que es un tema difundido entre los productores.

Entre los productores ganaderos parece haber un aumento del conocimiento del concepto de cambio climático, ya que si se comparan los actuales datos con una encuesta realizada en 2009 a ganaderos con campos entre 100 y 2500 ha podemos indicar que en ese año la proporción de productores ganaderos que habían escuchado o leído sobre cambio climático ascendía al 83%[1].

Cuando los propios productores evalúan su nivel de información sobre cambio climático la amplia mayoría se posiciona en las categorías intermedia ("Poco informado" y "Bastante informado"). A nivel de los distintos rubros no aparecen diferencias relevantes en cuanto a su nivel de información, donde cerca de la mitad de los productores reconoce estar "poco" o "nada" informado y aproximadamente la otra mitad manifiesta estar bastante o muy informado sobre el tema.

Tabla 1.3. Nivel de información sobre cambio climático
(Pregunta: ¿Cuán informado diría Ud. que está sobre el "cambio climático"?)

	Ganadería	Lechería	Fruti-Horti-Viti	Agricultura extensiva
Nada informado	2%	1%	3%	3%
Poco informado	48%	45%	46%	43%
Bastante informado	41%	39%	42%	43%
Muy informado	8%	6%	9%	6%
NS/NC	1%	9%	0%	6%
TOTAL	100%	100%	100%	100%
CASOS	170	71	33	35

Base: total encuestados que han escuchado o leído sobre cambio climático según rubro principal

Para profundizar en el nivel de conocimiento e información sobre cambio climático de los productores ganaderos (rubro donde se realizaron la cantidad suficiente de casos que permite realizar múltiples aperturas) se analizaron los resultados según el tamaño de establecimiento, el nivel educativo del productor, y su participación en asociaciones o grupos de productores. Así se puede destacar que el mayor conocimiento e información del tema se da entre los ganaderos que manejan 200 o más ha (55%), los que tienen nivel de formación terciaria (69%), y aquellos que participan en algún tipo de organización de productores (57%).

Los productores, además de estar familiarizados con el tema del cambio climático, perciben que el clima en Uruguay está cambiando, en especial los ganaderos, agrícolas y

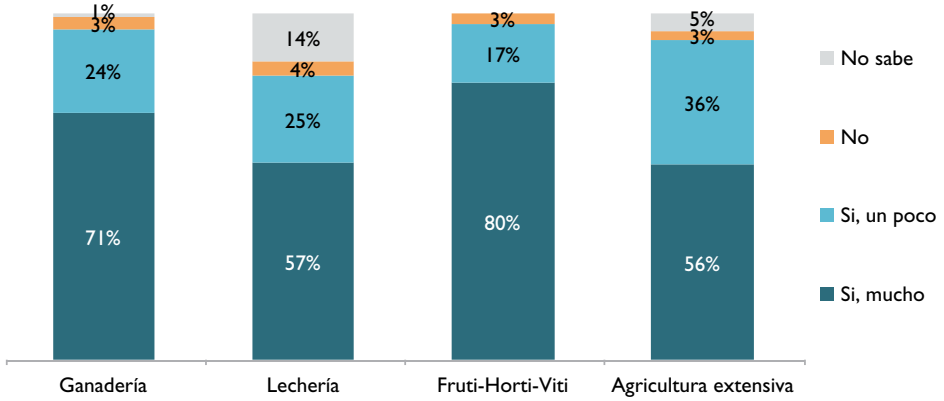
1 Equipos Mori. Estudio sobre mecanismos y necesidades de información de los productores agropecuarios. Plan Agropecuario, 2009.

fruti-horti-vitícolas donde esta percepción supera el 90%. También, entre los ganaderos y fruti-horti-viticultores aumenta considerablemente el porcentaje que opina que el clima está cambiando "mucho".

Tabla 1.4. Nivel de conocimiento sobre cambio climático entre los productores ganaderos
(Preguntas: ¿Ha escuchado hablar o leído sobre "cambio climático" en el planeta? / ¿Cuán informado diría Ud. que está sobre el "cambio climático"?)

GANADEROS	TAMAÑO ESTABLECIMIENTO				NIVEL EDUCATIVO			Asociación o Grupo	
	0 a 49 ha.	50 a 199 ha.	200 a 499 ha.	500 y más ha.	Primaria	Secun-daria	Terciaria	Participa	No Participa
NO conoce el concepto de CC	9%	9%	8%	8%	10%	11%	0%	6%	10%
Conoce el concepto de CC pero está Poco o Nada informado	53%	51%	39%	36%	55%	38%	31%	37%	53%
Conoce el concepto de CC y está Bastante o Muy informado	38%	40%	53%	56%	35%	52%	69%	57%	37%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Cantidad de casos	68	67	36	39	111	66	32	83	129

Base: total de productores ganaderos encuestados



Base: total encuestados que perciben que el clima está cambiando

Figura 1.2. Percepción de cambios en el clima en Uruguay
(Pregunta: ¿Ud. piensa que el clima en el Uruguay está cambiando?)

En particular entre los productores ganaderos, la percepción de que el clima está cambiando "mucho" crece entre los productores familiares y pequeños: entre los que manejan menos de 50 ha esa cifra alcanza al 77%, mientras que a nivel de los productores con 500 o más hectáreas desciende a 63%.

Además, para la mayoría de los productores los cambios que se perciben en el clima actualmente son causados principalmente por la actividad humana. Sin embargo, en las en-

trevistas grupales se pudo constatar que entre las razones asignadas al cambio climático se entremezclan explicaciones asociadas a la "contaminación" y al aumento de emisiones de CO_2, junto con explicaciones que destacan los problemas de la capa de ozono. Esto indica que a pesar de que este es un tema que está presente entre los productores y que se vivencia como un problema relevante, aún hay mucho por realizar en cuanto a la difusión y el conocimiento de aspectos más específicos.

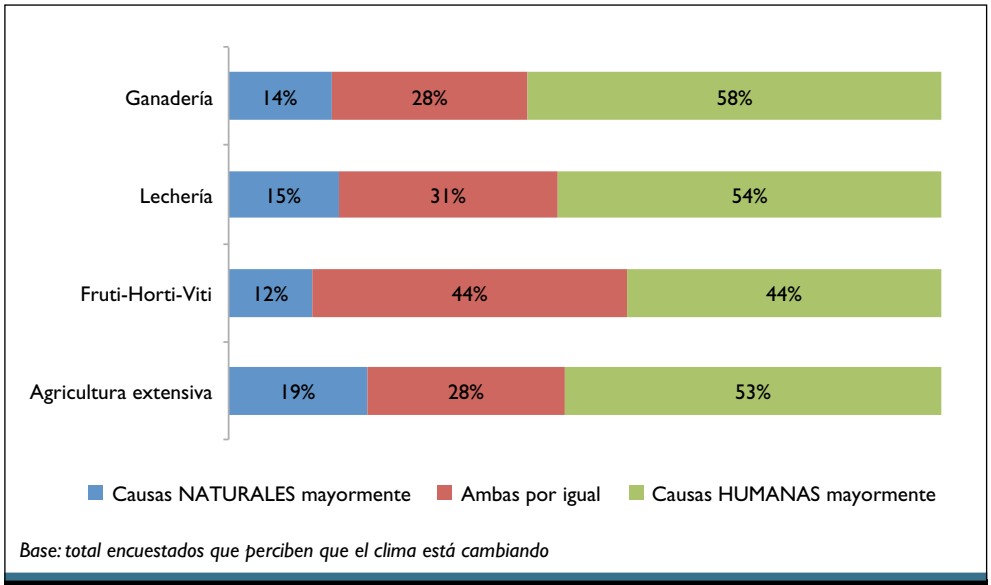


Figura 1.3. Tipo de causas de los cambios en el clima
(Pregunta: Considerando lo que Ud. sabe, ¿estos cambios son solo naturales o están causados por la actividad humana?)

Tabla 1.5. Principales cambios percibidos en el clima
(Pregunta: ¿Cuál es el cambio principal que observa en el clima en Uruguay? – Respuesta espontánea)

	Ganadería	Lechería	Fruti-Horti-Viti	Agricultura extensiva
Aumento de Temperatura / calor más intenso	**19%**	**22%**	**27%**	14%
El sol está más fuerte / quema más	**19%**	14%	**18%**	**17%**
Cambio en sistema de estaciones	14%	11%	9%	14%
Mayor Variabilidad del clima / cambios bruscos	6%	**19%**	3%	14%
Mayor frecuencia de eventos extremos (vientos fuertes, tornados, tormentas, etc.)	6%	8%	15%	3%
Lluvias mas fuerte / Exceso de lluvias	5%	8%	6%	8%
Mayor variabilidad de lluvias	4%	5%	3%	11%
Lluvia (sin especificar)	3%	2%	3%	3%
Sequías (prolongadas, intensas, rápidas)	10%	6%	3%	6%
Falta de Agua	8%	5%	6%	6%
Mayor evaporación	2%	2%	0%	0%
Inestabilidad de estaciones	0%	0%	0%	0%
Otros / Sin especificar	3%	2%	9%	6%
Cantidad de Casos	*180*	*65*	*34*	*36*

Base: total encuestados que perciben que el clima está cambiando

Los productores consultados en la encuesta tienden a mencionar de manera espontánea el aumento de la temperatura y la intensidad del sol como los principales cambios que observan en el clima en Uruguay, posteriormente aparecen diferentes referencias a la mayor variabilidad del clima.

Cuando se indaga de forma guiada en diferentes tipos de cambios en las variables climáticas, aparece claramente que los principales cambios percibidos por los productores de los diferentes rubros se relacionan al aumento de la temperatura promedio, junto con el aumento de la frecuencia e intensidad de las sequías.

Tabla 1.6. Percepción de cambios en las variables climáticas en la última década
(Pregunta: A partir de su experiencia, en los últimos 10 a 15 años ¿Ud. nota que la... ha aumentado, ha disminuido o no ha cambiado significativamente?)

Ha aumentado la…	Rubro Principal			
	Ganadería	Lechería	Fruti-Horti-Viti	Agricultura extensiva
...Temperatura promedio	80%	72%	83%	77%
...Frecuencia de sequías	68%	61%	66%	62%
...Intensidad de sequías	69%	60%	57%	64%
...Variabilidad de la lluvia	47%	38%	54%	41%
...Intensidad de lluvias	41%	39%	60%	51%
...Lluvias promedio	29%	32%	49%	39%
...Frecuencia de inundaciones	28%	33%	37%	36%
Ha disminuido la…	**Rubro Principal**			
	Ganadería	Lechería	Fruti-Horti-Viti	Agricultura extensiva
...Disponibilidad de agua (superficial y subterránea)	59%	38%	49%	54%

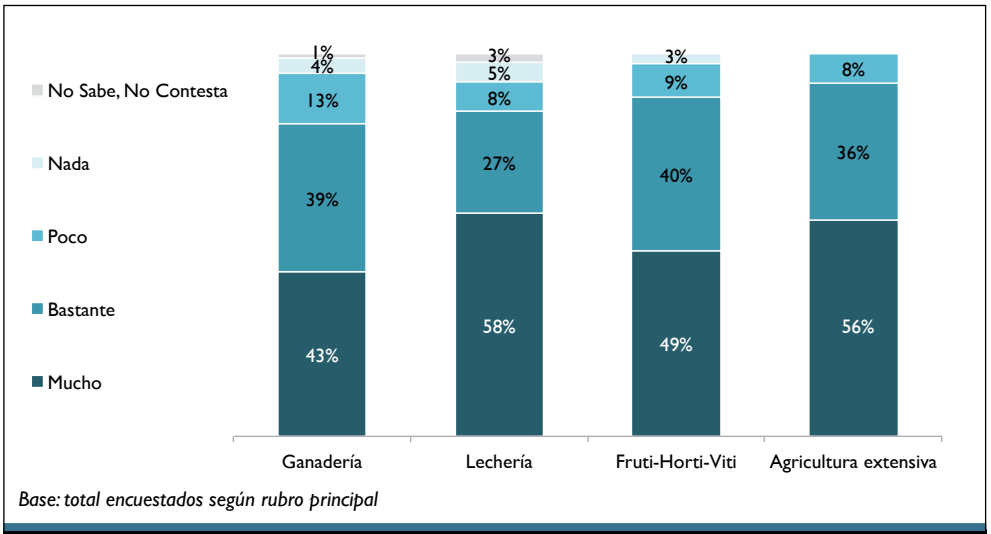
Base: total encuestados según rubro principal

Percepción de afectación de los problemas relacionados al clima

Los productores de todos los rubros tienden a coincidir en que estos problemas relacionados a los cambios en el clima los afectan de forma importante: entre el 82% (en ganadería) y el 92% (agricultura) de los encuestados manifiesta que estos problemas le afectan mucho o bastante.

Entre los productores ganaderos se observa que la percepción de afectación de los problemas relacionados al clima es mayor entre los que tienen más de 200 ha y los productores más jóvenes.

Llama la atención que entre los productores ganaderos más pequeños (menos de 50 ha) la percepción de afectación sea sensiblemente más baja, ya que tanto los técnicos como los otros productores entrevistados manifestaron que justamente los pequeños eran los más afectados ya que eran los que tenían menor capacidad de incorporar medidas que mejoren su adaptación dada su menor posibilidad de inversión.



Base: total encuestados según rubro principal

Figura 1.4. Afectación de los problemas relacionados al clima
(Pregunta: En particular a usted, ¿cuánto diría que le afectan los problemas relacionados al clima?)

Tabla 1.7. Afectación de los problemas relacionados al clima a los productores ganaderos según tamaño de establecimiento y edad del productor
(Pregunta: En particular a usted, ¿cuánto diría que le afectan los problemas relacionados al clima?)

GANADEROS	Tamaño Establecimiento				Edad del Productor		
	0 a 49 ha.	50 a 199 ha.	200 a 499 ha.	500 y más ha.	hasta 44	45 a 59	60 o más
Mucho	32%	40%	61%	58%	57%	43%	41%
Bastante	45%	39%	28%	35%	37%	42%	31%
Poco / Nada	22%	19%	11%	8%	6%	14%	27%
NS/NC	1%	2%	0%	0%	0%	1%	2%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Cantidad de casos	69	67	36	40	35	113	64

Base: total de productores ganaderos encuestados

1.3. Estrategias y medidas de adaptación

Conocimiento de medidas de adaptación

Las medidas de adaptación que mencionan espontáneamente los productores ganaderos, son las relacionadas con la disponibilidad de fuentes de agua. El 42% de los ganaderos conoce alguna medida relacionada a la disponibilidad de agua, se destacan entre ellas el "almacenamiento o reserva de agua" y la creación o modificación de pozos, aguadas y tajamares.

En segundo lugar aparecen las medidas relacionadas a la disponibilidad de alimento para el ganado, que alcanzan el 31% de las mencionadas. Otras medidas mencionadas con menor frecuencia se relacionan a la instalación o modificación de sistemas de riego (16%) y la incorporación de sombra y abrigo para los animales (9%).

Tabla 1.8. Conocimiento de Medidas de Adaptación-Productores Ganaderos
(Pregunta: ¿Qué medidas concretas o acciones conoce que los productores pueden implementar para reducir su vulnerabilidad a los riesgos climáticos, sin importar si Ud. las aplica o no? – Respuesta Espontánea)

	Ganadería
Medidas Relacionadas a la disponibilidad de AGUA	42%
Almacenamiento o reserva de agua	16%
Pozos / Agua subterránea	7%
Tajamares	6%
Aguadas	5%
Nuevas fuentes de agua (sin esp.)	3%
Represa / Embalses de Agua	3%
Distribución de Agua / Bebederos	2%
Medidas Relacionadas a la disponibilidad de ALIMENTO	31%
Almacenar Forraje / hacer reserva	16%
Plantar Forraje / Praderas	7%
Comprar Forraje / ración	3%
Mejora de Pasturas / Verdeos	3%
Dar suplemento	2%
RIEGO	16%
SOMBRA / ABRIGO	9%
Medidas Relacionadas al MANEJO DEL GANADO	6%
Bajar la carga / vender animales	4%
Destete Precoz	2%
Empotrerar	1%
Inseminación	1%
OTRAS	9%
Ninguna / Sin especificar	37%

Base: total ganaderos encuestados (189)

Es importante destacar que las medidas relacionadas al manejo del ganado (destete precoz, empotreramiento, disminución de la carga, etc.) son marginalmente conocidas por los productores ganaderos, lo que significa una barrera importante para la difusión de las estrategias de manejo del campo natural que proponen los técnicos.

A nivel de los lecheros aparecen claramente en primer lugar las medidas relacionadas a la instalación, extensión o modificación del sistema de riego, que alcanzan el 51% de las menciones.

Por detrás del riego, aparecen las medidas relacionadas a la disponibilidad de alimento para el ganado (28%) y las asociadas a la disponibilidad de agua (23%).

Es importante destacar que uno de cada cuatro lecheros no conoce ninguna medida o acción concreta que permita reducir la vulnerabilidad climática y mejorar su adaptación.

Tabla 1.9. Conocimiento de Medidas de Adaptación – Productores Lecheros
(Pregunta: ¿Qué medidas concretas o acciones conoce que los productores pueden implementar para reducir su vulnerabilidad a los riesgos climáticos, sin importar si Ud. las aplica o no? – Respuesta Espontánea)

	Lechería
Riego	51%
Medidas Relacionadas a la disponibilidad de AGUA	23%
Almacenamiento o reserva de agua	8%
Tajamares	6%
Pozos / Agua subterránea	4%
Nuevas fuentes de agua (sin esp.)	3%
Aguadas	1%
Represa / Embalses de Agua	1%
Medidas Relacionadas a la disponibilidad de ALIMENTO	28%
Almacenar Forraje / hacer reserva	20%
Dar suplemento	1%
Comprar Forraje / ración	1%
Plantar Forraje / Praderas	3%
Mejora de Pasturas	1%
Verdeo	1%
Sombra	6%
Siembra Directa	1%
Otras	5%
Ninguna / sin especificar	25%

Base: total lecheros encuestados (79)

A nivel de agricultura y fruti-horti-viticultura las medidas más conocidas por los productores tienen que ver en primer lugar con el riego, y en segundo lugar las relacionadas a la disponibilidad de agua: tajamares, pozos, aguadas, represas, etc.

Percepción sobre el nivel de adaptación e implementación de cambios

La auto-evaluación que realizan los propios productores en cuanto a su nivel de adaptación a la variabilidad y el cambio climático se plantea en la Figura 1.5.

Tanto a nivel de ganaderos como de lecheros se observa que son los productores más pequeños (menor tamaño de establecimiento) los que tienen una auto-percepción de menor nivel de adaptación a la variabilidad y el cambio climático.

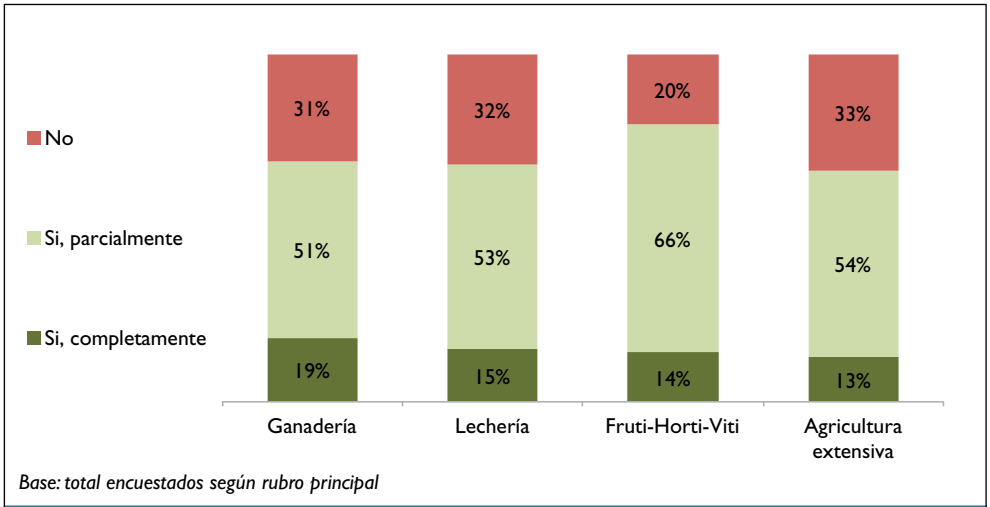


Figura 1.5. Percepción sobre el nivel de adaptación a la variabilidad climática
(Pregunta: ¿Ud. considera que su establecimiento está razonablemente bien adaptado a la variabilidad climática actual?)

Desagregando la información correspondiente a ganadería, se constata que el nivel de adopción de medidas de adaptación es más bajo entre los productores más pequeños, y aumenta con el nivel educativo del productor (cifra que alcanza el 76% entre los que tienen educación terciaria).

Entre los productores lecheros, por su parte, la introducción de medidas de adaptación en los últimos años no varía significativamente por el tamaño del establecimiento, aunque sí se observan diferencias según la edad del productor: entre los productores menores de 60 años el 70% afirma haber incorporado alguna medida de adaptación, mientras que entre los productores de 60 o más años ese porcentaje desciende al 46%.

En cuanto a las medidas efectivamente adoptadas en los últimos cinco años, tanto entre los productores ganaderos como lecheros, se destacan en primer lugar las relacionadas a la disponibilidad de fuentes de agua (pozos, tajamares, aguadas, distribución de agua a potreros, bebederos, etc.), donde prácticamente uno de cada cuatro productores en estos rubros manifiesta que incorporó alguna medida o acción en este sentido.

Por otra parte, entre los productores de agricultura extensiva 26% reconocen haber incorporado medidas relacionadas a las fuentes de agua disponible, fueron claramente las acciones más mencionadas. En segundo lugar, aparecen las medidas relacionadas al riego (8%) y la siembra directa (5%).

En tanto, para los fruti-horti-viticultores el riego junto con medidas relacionadas a la incorporación de abrigo o sombra, son las medidas de adaptación que han incorporado mayormente en los últimos cinco años, lo que significa el 17% del total de productores de esos rubros. En este sector es importante considerar que más de la mitad de los productores encuestados (54%) confirmó contar con algún sistema de riego actualmente en su establecimiento.

Por otra parte, entre los productores de agricultura extensiva el 26% reconoce haber incorporado medidas relacionadas a las fuentes de agua disponible, fueron claramente las acciones más mencionadas.

Tabla 1.10. Medidas de adaptación realizadas en los últimos cinco años: Ganadería y Lechería *(Respuesta Múltiple)*

	GANADERÍA	LECHERÍA
Medidas Relacionadas a la disponibilidad de AGUA	25%	24%
Pozos / Agua subterránea	6%	9%
Aguadas	7%	3%
Tajamares	6%	1%
Distribución de Agua / Bebederos	2%	6%
Nuevas fuentes de agua (sin esp.)	2%	3%
Represa / Embalses de Agua	2%	1%
Almacenamiento o reserva de agua	3%	3%
Medidas relacionadas a disponibilidad de ALIMENTO	17%	11%
Almacenar Forraje / hacer reserva	6%	4%
Plantar Forraje / Praderas	5%	4%
Comprar Forraje / ración / dar suplemento	3%	1%
Mejora de Pasturas / Verdeos	3%	
Silos		3%
Medidas Relacionadas al MANEJO DEL GANADO	4%	3%
Bajar la carga / vender animales	2%	
Cambio de razas / inseminación	1%	1%
Destete Precoz	1%	
Corral de Alimentación		1%
Empotrerar	1%	
Medidas Relacionadas a SOMBRA / ABRIGO	5%	3%
RIEGO	1%	13%
Otras	1%	4%
No menciona / Sin especificar	7%	9%
No introdujo cambios	45%	37%

Base: total ganaderos (189) y lecheros (79)

Es interesante destacar que las principales fuentes de información que tienen los productores sobre medidas de adaptación circulan por canales informales: otros productores individuales y familiares.

Tabla 1.11. Fuentes de información sobre medidas de adaptación
(Pregunta: ¿Cómo se enteró de esas acciones o medidas que Ud. implementó? – Respuesta Múltiple)

	Rubro Principal			
	Ganadería	Lechería	Fruti-Horti-Viti	Agricultura extensiva
De otros productores	34%	34%	32%	34%
De integrantes de la familia	23%	17%	18%	26%
Técnicos privados	16%	29%	32%	14%
Técnicos del Ministerio	16%	11%	18%	3%
La cooperativa o Sociedad de Fomento	20%	19%	3%	14%
Programas de agro en Radio / TV	18%	14%	6%	14%
Solo / Experiencia propia	7%	13%	15%	14%
Diarios / Revistas especializadas	12%	7%		14%
Instituciones de investigación y trasferencia	15%	9%	3%	6%
Páginas de Internet	8%	6%	3%	9%
Agropecuaria, veterinaria, barraca	4%	3%		
Otras fuentes	3%	1%		6%
No Sabe	1%	1%		
Cantidad de Casos	164	70	34	35

Base: total de productores encuestados que incorporaron alguna medida de adaptación según rubro principal

Barreras percibidas a la incorporación de medidas de adaptación

Las barreras para adoptar medidas de adaptación para los productores son externas en su mayoría: se vinculan a los elevados costos que tienen las medidas que conocen y aplican y a los problemas para conseguir el capital necesario para realizar esas inversiones.

Las barreras asociadas a la falta de información o asistencia técnica no aparecen de forma relevante ya que los obstáculos se tienden a concentrar mayoritariamente en las limitantes económicas de las medidas de adaptación. Esto se explica en el hecho de que las medidas más conocidas e incorporadas por los productores son medidas "caras", que requieren en general fuertes esfuerzos de inversión de capital.

Al mismo tiempo, otras acciones como las relacionadas al manejo del campo natural, que no requieren grandes inversiones sino un cambio en la manera de gestionar los recursos, no están muy difundidas entre los productores.

Tabla 1.12. Barreras a la incorporación de medidas de adaptación
(Pregunta: ¿Cuáles considera Ud. que son las principales barreras u obstáculos para incorporar medidas de adaptación a los riesgos climáticos? – Respuesta Espontánea)

	Rubro Principal			
	Ganadería	Lechería	Fruti-Horti-Viti	Agricultura extensiva
Costos elevados	42%	66%	40%	49%
Falta de capital para inversión (crédito o capital propio)	16%	10%	20%	10%
Falta de información	5%	8%	9%	5%
Problemas de acceso al agua	5%		3%	3%
Políticas / apoyo del Estado	2%	1%	3%	3%
Baja rentabilidad / bajos precios	1%	4%	3%	3%
Falta de técnicos en su área	1%		3%	
Falta de mano de obra / personal calificado	1%			
No las considera importantes / útiles para su producción	1%			
Otras razones	3%	5%	11%	3%
No Sabe	3%	1%	3%	8%
Ninguna / Nada	22%	5%	6%	18%
Cantidad de Casos	189	79	35	39

Base: total encuestados según rubro principal

1.4. Manejo de la carga animal

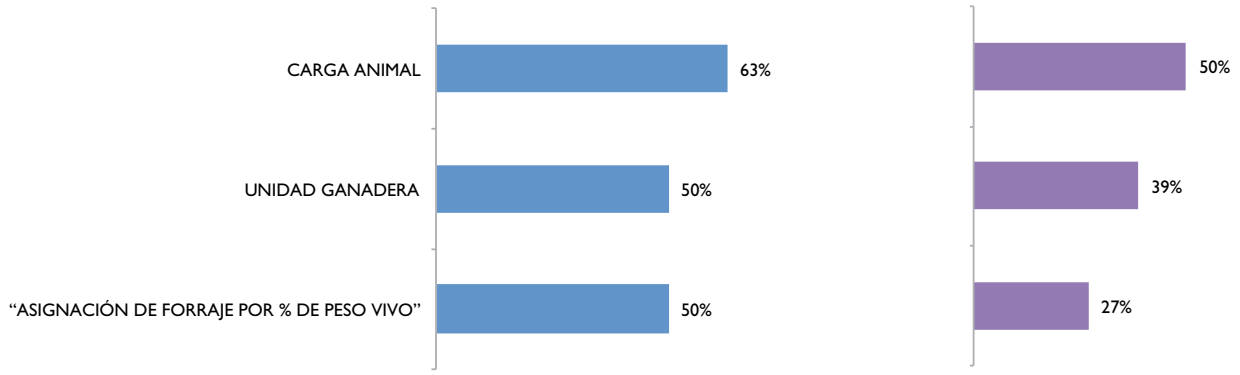
Conocimiento y uso de conceptos relacionados a la carga animal

Un aspecto fundamental de la encuesta a los ganaderos es el bajo nivel de conocimiento y utilización de los conceptos asociados al manejo de la carga animal. En particular, menos de las 2/3 partes de los ganaderos encuestados escuchó hablar de carga animal, y sólo uno de cada dos utiliza el concepto para tomar decisiones en su establecimiento.

Es similar lo que sucede con el concepto de unidad ganadera, que la mitad de los productores de este rubro conoce y apenas el 39% declara que lo utiliza como insumo de información para la toma de decisiones respecto al manejo de su campo.

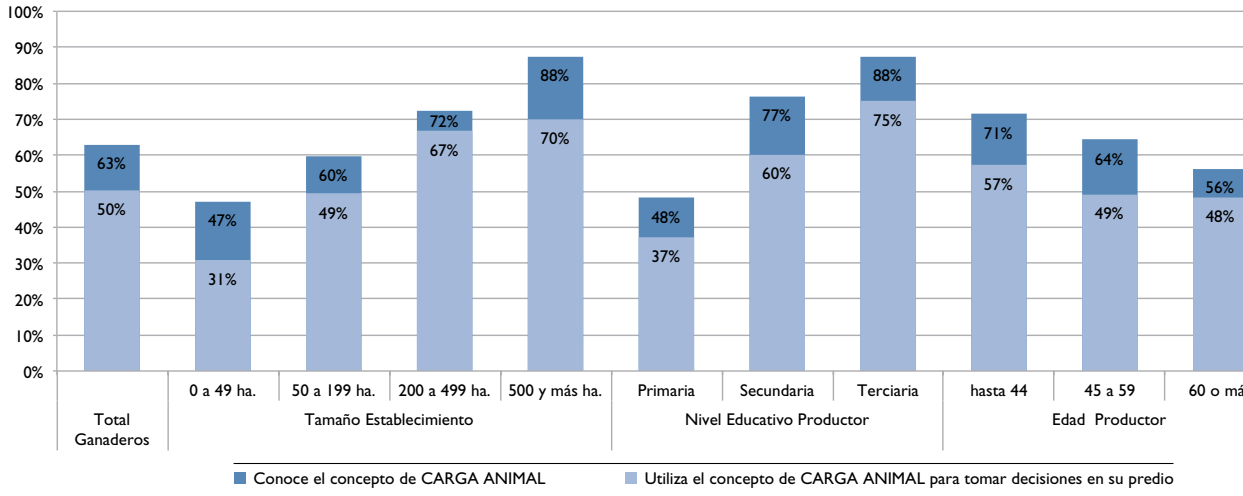
En particular, respecto al conocimiento y utilización del concepto de carga animal se observa una clara asociación con el tamaño del establecimiento, la edad y el nivel educativo del productor. Los productores que utilizan en mayor medida el concepto de carga animal para tomar decisiones en su predio son los que manejan predios de 200 ha o más (68%), con educación terciaria (75%) y menores de 45 años (57%).

Para medir algunas actitudes sobre el manejo de la carga se evaluó el nivel de acuerdo con una idea que propone la reducción de la carga como una forma de aumentar la productividad en kilo de carne por hectárea. Los resultados muestran que la mayoría de los productores ganaderos están de acuerdo con esta idea (58%) y apenas el 15% manifiesta su desacuerdo.



Base:Total encuestados que se dedican a la actividad ganadera como rubro principal o secundario (212)

Figura 1.6. Conocimiento y utilización de conceptos de manejo del ganado
(Pregunta: ¿Conoce o escuchó hablar del concepto de...? / ¿Lo utiliza para tomar decisiones en su predio?)



Base:Total encuestados que se dedican a la actividad ganadera como rubro principal o secundario (212)

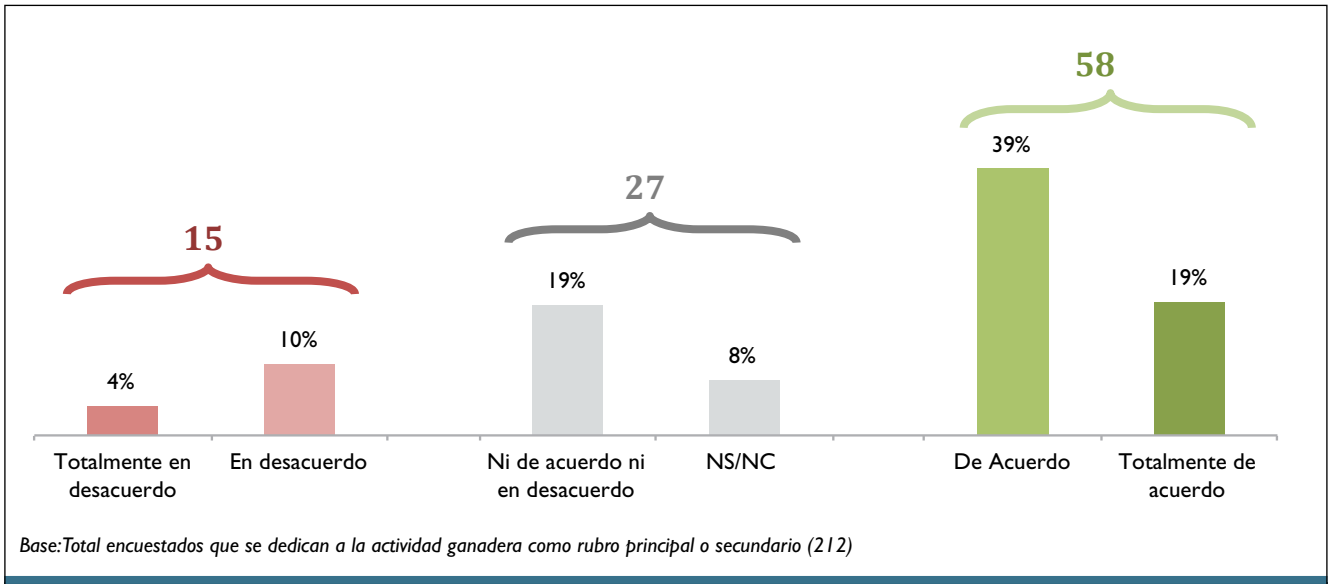
Figura 1.7. Conocimiento y utilización del concepto de carga animal según variables de relevancia
(Pregunta: ¿Conoce o escuchó hablar del concepto de carga animal? / ¿Lo utiliza para tomar decisiones en su predio?)

Estos datos son congruentes con la información recogida en las entrevistas grupales a productores representantes de organizaciones de base, en donde se plantea que una de las acciones que favorecería el manejo del campo es el control de la carga animal. En general los productores entrevistados entienden la importancia y la necesidad de esta práctica, pero al mismo tiempo manifiestan dificultades estructurales para poder llevarlas adelante.

> *"Para bajar la carga, antes se podía usando pastoreo de afuera, ahora la alternativa es vender ganado." (Productor MDR)*

"Si hoy te pudieran dar plata para sacar el ganado a pastoreo sería la mejor plata invertida del mundo (…) el problema es que no hay para dónde sacar el ganado, lo tenés que vender, vender significa achicarse y achicarse significa menos plata." (Productor MDR)

Esas dificultades mencionadas para lograr reducir la carga se explican en gran parte porque la mayoría se maneja según lo que consideran rentable a corto plazo y reducir la carga es sinónimo de descapitalizarse. Esto tiene que ver con que el foco de los productores está demasiado centrado en el ganado y no se presta la atención suficiente al desarrollo de las pasturas.



Base: Total encuestados que se dedican a la actividad ganadera como rubro principal o secundario (212)

Figura 1.8. Nivel de acuerdo con la idea: "Disminuir la carga animal en el predio aumenta la productividad en kg de carne por hectárea" *(Pregunta: Algunas personas nos han dicho que disminuir la carga animal o sea la cantidad de cabezas por hectárea en el predio aumenta la productividad en kg de carne por hectárea. ¿Ud. diría que está…?)*

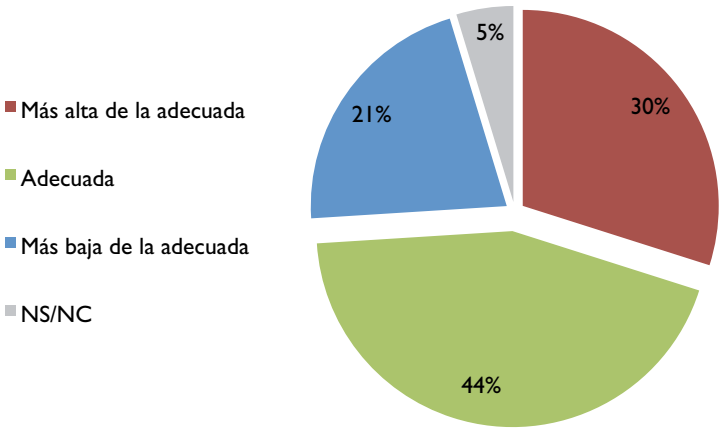
Cuando se analiza la evaluación que hacen los productores sobre su nivel actual de carga se puede observar que el 30% de los ganaderos consideran que mantienen una carga más alta de la que consideran adecuada. Esto no implica que el 30% de los productores efectivamente tenga una carga mayor a la capacidad de sus pasturas, sino que solo considera la percepción que tienen los propios productores sobre su carga.

La variable que se asocia de forma fuerte con esta percepción es la productividad del campo en términos de índice Coneat: mientras que en los productores con campos con índices Coneat inferiores a 75, el 44% considera que su carga es más alta de la adecuada, entre los productores con índices Coneat mayores a 130, solo el 24% opina de esa manera.

Por otra parte, cuando se piensa en el futuro cercano, solo el 30% de los productores ganaderos considera la posibilidad de bajar la carga en su campo.

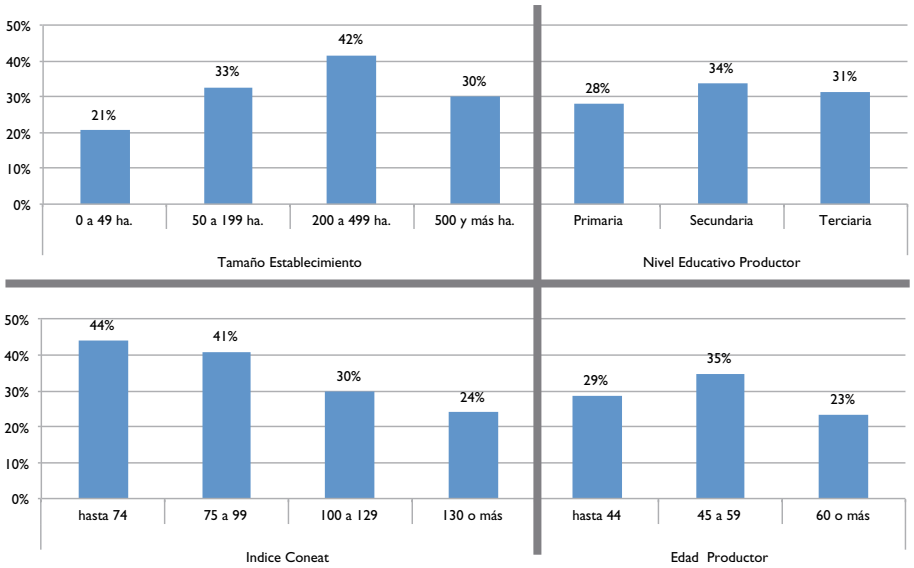
En este sentido, es importante destacar que incluso entre quienes consideran que manejan cargas más altas de lo adecuado, la mayoría de ellos (58%) reconoce que bajar la carga no

es una posibilidad cierta en el futuro cercano. En definitiva esto muestra que hay una porción relevante de los productores ganaderos que, sabiendo que maneja cargas demasiado altas, no cree que pueda llegar a modificar esta situación.



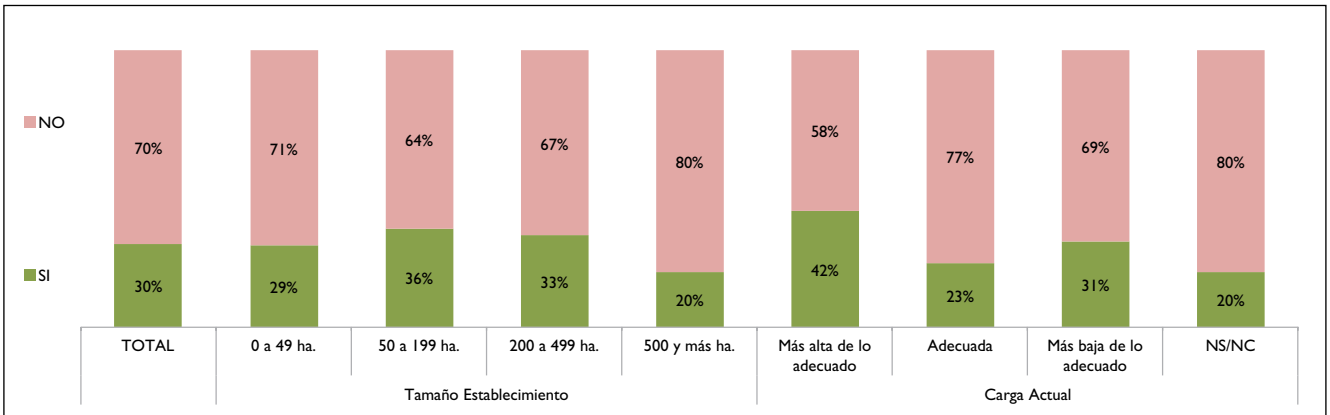
Base: Total encuestados que se dedican a la actividad ganadera como rubro principal o secundario (212)

Figura 1.9. Evaluación de la carga animal en su establecimiento
(Pregunta: ¿Cómo evalúa la carga animal, o sea la cantidad de cabezas por hectárea, que ha tenido en su establecimiento en los últimos tiempos?)



Base: Total encuestados que se dedican a la actividad ganadera como rubro principal o secundario (212)

Figura 1.10. Perfil de los productores con percepción de cargas altas – Porcentaje de productores que manifiesta que su carga animal es más alta de lo adecuado según tamaño e índice Coneat de sus campos, edad y nivel educativo del productor

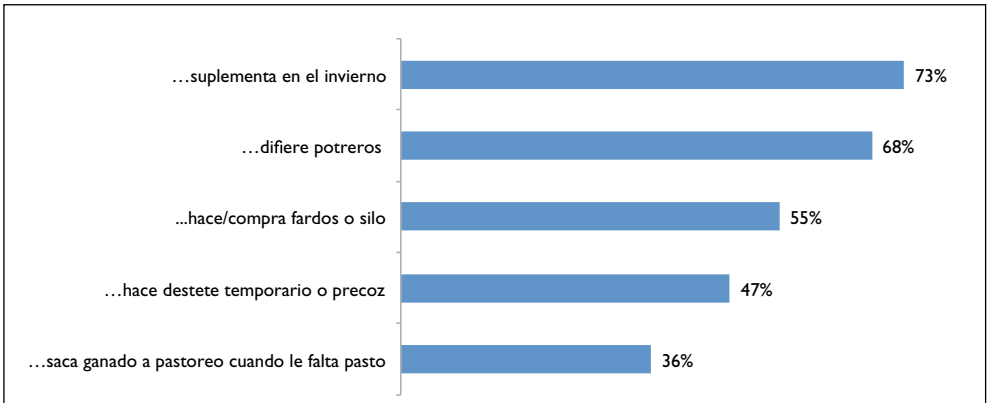


Base:Total encuestados que se dedican a la actividad ganadera como rubro principal o secundario (212)

Figura 1.11. Posibilidad de bajar la carga animal
(Pregunta: ¿Ud. consideraría la posibilidad de bajar la carga o la cantidad de vacunos por hectárea en el futuro cercano?)

Otras prácticas relacionadas al manejo del ganado

Otras prácticas menos frecuentes en un año normal son la compra o generación de fardos (55%) y el destete precoz (47%). Solo uno de cada tres ganaderos reconoce como práctica habitual sacar ganado a pastoreo cuando le falta pasto.



Base:Total encuestados que se dedican a la actividad ganadera como rubro principal o secundario (212 casos)

Figura 1.12. Porcentaje de ganaderos que realiza las siguientes prácticas de manejo en un año normal
(Pregunta: ¿En un año normal Ud...?)

1.5. Acceso y uso de la información meteorológica y climática

Consulta de información meteorológica de corto plazo

Los productores mayoritariamente consultan y se informan sobre los pronósticos a corto plazo, más allá de algunas diferencias por rubro de producción que muestran un nivel de consulta un poco más bajo entre los productores ganaderos.

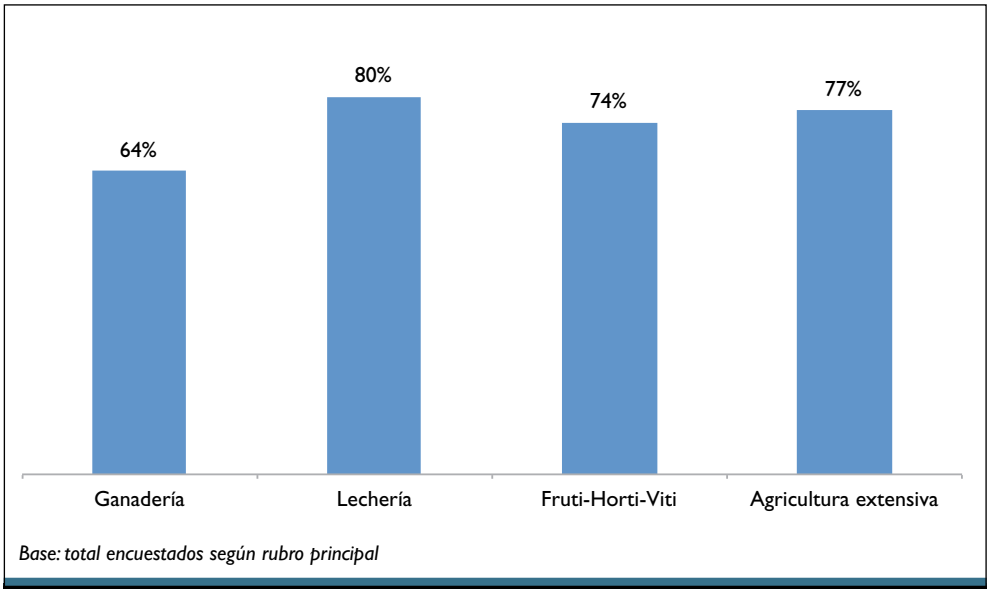


Figura 1.13. Nivel de consulta regular de información meteorológica de corto plazo
(Pregunta: ¿Ud. consulta regularmente información meteorológica de corto plazo, pronósticos para los próximos días, para tomar decisiones respecto al manejo de su establecimiento?)

Los productores agrícolas muestran ciertas características diferenciales con los demás rubros: consultan una mayor variedad de fuentes de información meteorológica, lo que podría estar indicando un mayor grado de sofisticación en la utilización de estas herramientas.

Los resultados de la encuesta muestran que en términos generales los productores que consultan regularmente información meteorológica de corto plazo manifiestan un nivel de confiabilidad aceptable: dos de cada tres de ellos considera "Bastante o Muy Confiables" a estos pronósticos y el tercio restante tiende a considerarlos "Poco confiables".

Tabla 1.13. Fuentes de Información meteorológica de corto plazo
(Pregunta: ¿Cuál es la fuente de información meteorológica que más consulta? – Respuesta Múltiple)

	Ganadería	Lechería	Fruti-Horti-Viti	Agricultura extensiva
Radio/TV	58%	54%	50%	27%
Internet (sin especificar)	28%	29%	15%	20%
Servicios meteorológicos privados (Accuweather, Weather Channel, etc.)	9%	5%	23%	20%
Sitios o servicios meteorológicos extranjeros (Brasil/Argentina)	12%	6%	8%	23%
Sitio web del Servicio Meteorológico Nacional	6%	6%	15%	10%
INIA	1%	6%	4%	10%
Otros	3%	2%	0%	10%
NS/NC	1%	2%	0%	0%
Cantidad de Casos	121	63	26	30

Base: total encuestados que consulta información meteorológica de corto plazo

Consulta de información climática de mediano plazo

A partir de las entrevistas grupales se detectó que en el caso de los productores ganaderos los pronósticos a mediano plazo no son tenidos muy en cuenta porque no confían demasiado en ellos, sobre todo, muchos de ellos sienten que esos pronósticos no afectan sus decisiones.

Otro aspecto a tener en cuenta en relación a los pronósticos estacionales o de mediano plazo, es la dificultad que gran parte de la población (incluidos los productores agropecuarios) tiene en el manejo de las nociones básicas de probabilidad. Teniendo en cuenta que la mayoría de la información climática de mediano plazo se presenta en términos probabilísticos, esto puede funcionar como un obstáculo a la difusión de su utilización:

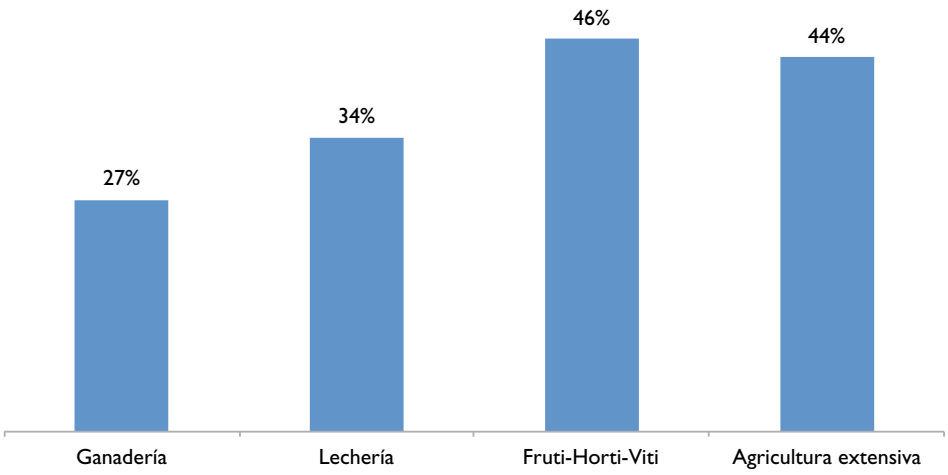
> *"Te trasmiten las mismas dudas que tenés vos pero con números" (Productor MDR)*

Entre los productores ganaderos, el nivel de consulta tanto de los pronósticos de corto como de mediano plazo se asocia a ciertas características del productor, como por ejemplo su nivel educativo, su edad o la participación en asociaciones o grupos de productores.

Los productores ganaderos menores de 45 años, con alto nivel educativo, y que participan en asociaciones o grupos de productores muestran mayores niveles de consulta de información climática para los próximos meses, tal como lo evidencia la Figura 1.15.

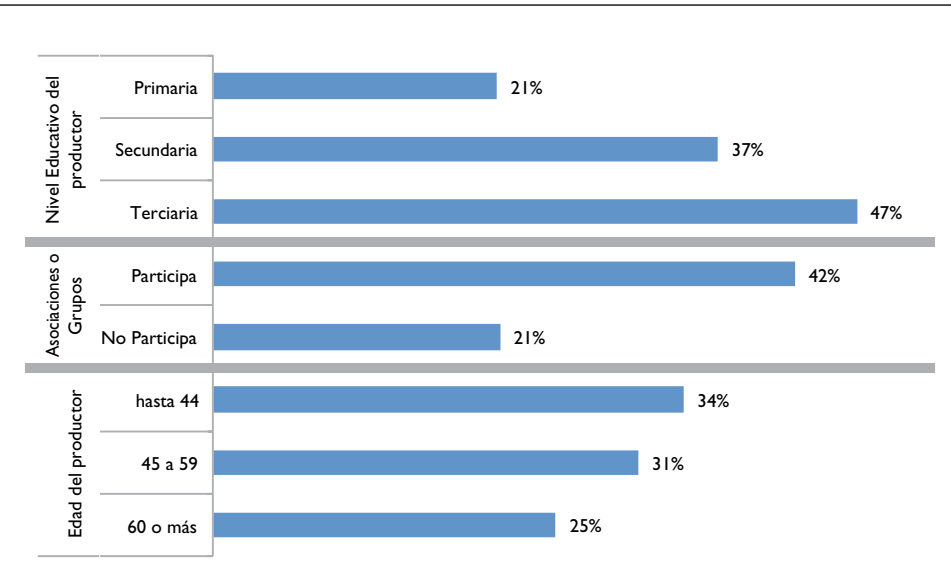
Por su parte, entre los productores lecheros se observaron diferencias importantes según el tamaño del establecimiento: mientras que solo el 20% de los productores lecheros con menos de 100 ha consulta regularmente información climática de mediano plazo, entre los productores con 100 o más ha esa cifra alcanza al 49%. Estos datos, en definitiva, evidencian que el acceso y la utilización de la información meteorológica y

climática se encuentran fuertemente segmentados, lo que implica un desafío importante a tener en cuenta al momento de la definición de políticas.



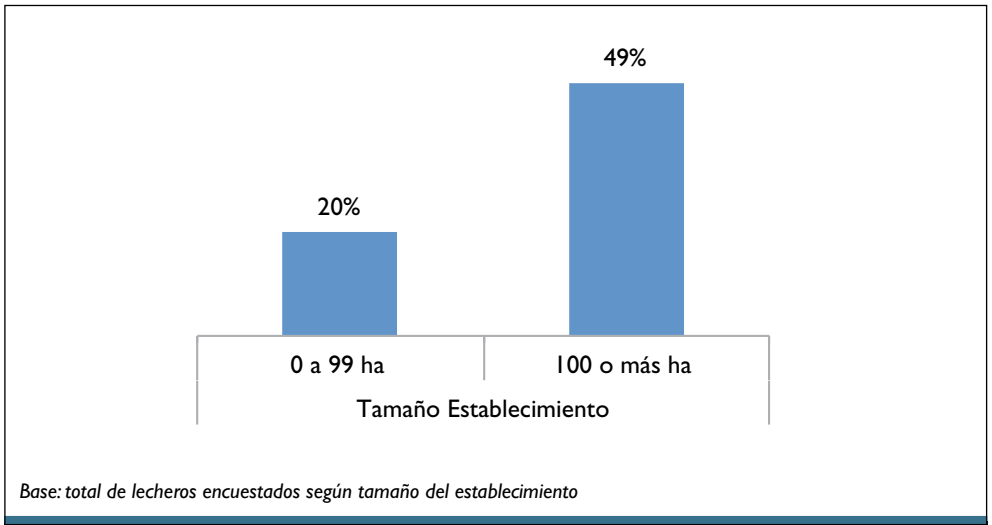
Base: total encuestados según rubro principal

Figura 1.14. Nivel de consulta regular de información climática de mediano plazo
(Pregunta: ¿Ud. consulta información climática de mediano plazo, o sea pronósticos para los próximos meses, para tomar decisiones respecto al manejo del establecimiento?)



Base: total de ganaderos encuestados según Nivel Educativo, Edad y Participación en asociaciones o grupos

Figura 1.15. Nivel de consulta de información climática de mediano plazo - ganaderos
(Porcentaje que responde 'Sí')



Base: total de lecheros encuestados según tamaño del establecimiento

Figura 1.16. Nivel de consulta de información climática de mediano plazo - lecheros
(Porcentaje que responde 'Sí')

Quienes logran acceder y utilizan este tipo de información tienden a considerar esos pronósticos de mediano plazo como "Bastante" o "Muy útiles" en los diferentes rubros analizados.

Tabla 1.14. Utilidad de la información climática de mediano plazo
(Pregunta: ¿Cuán útil considera los pronósticos climáticos de mediano plazo disponibles?)

	Ganadería	Lechería	Fruti-Horti-Viti	Agricultura extensiva
Muy útiles	29%	26%	31%	29%
Bastante útiles	49%	48%	63%	41%
Poco útiles	22%	22%	6%	29%
Nada útiles	0%	4%	0%	0%
Cantidad de Casos	51	27	16	17

Base: total encuestados que consulta información climática de mediano plazo

Las fuentes principales de información climática de mediano plazo son los medios masivos de comunicación (Radio y TV) e Internet (sin especificar).

Algunos técnicos entrevistados plantearon que los pronósticos a mediano plazo suelen ser recogidos de fuentes del extranjero ya que se consideran más fiables: los productores del norte del país suelen prestar atención a los pronósticos efectuados desde Brasil mientras que los que se encuentran en el litoral acuden a los argentinos.

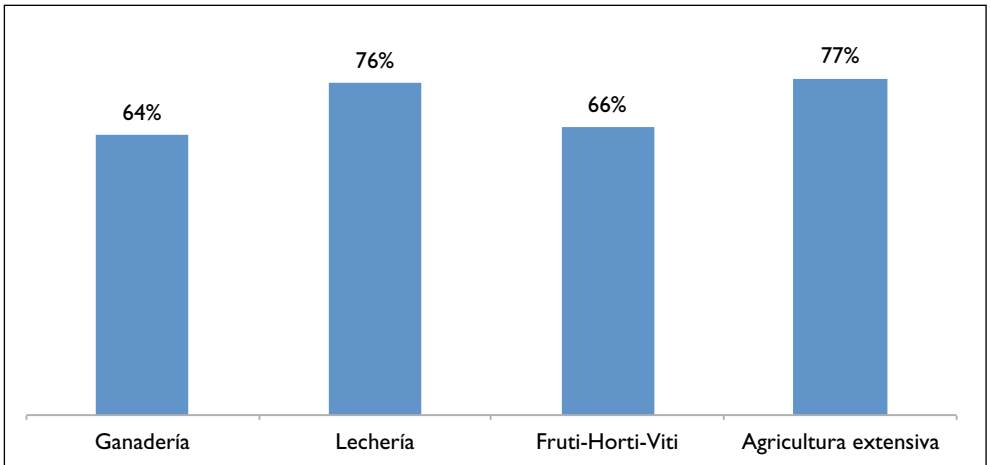
Tabla 1.15. Fuentes de Información climática de mediano plazo
(Pregunta: ¿Cuál es la fuente de información climática de mediano plazo que más consulta?– Respuesta Múltiple)

	Ganadería	Lechería	Fruti-Horti-Viti	Agricultura extensiva
Radio/TV	31%	30%	56%	12%
Internet (sin especificar)	37%	30%	38%	35%
Servicios meteorológicos privados (Accuweather, Weather Channel, etc.)	4%	11%	13%	12%
Sitios o servicios meteorológicos extranjeros (Brasil/Argentina)	10%	4%	0%	12%
Sitio web del Servicio Meteorológico Nacional	2%	4%	6%	0%
INIA	6%	19%	13%	18%
Otros	10%	7%	0%	6%
NS/NC	8%	7%	0%	12%
Cantidad de Casos	49	27	16	17

Base: total encuestados que consulta información climática de mediano plazo

Acceso a Internet y visita a páginas de interés

El acceso a Internet alcanza ya niveles importantes entre los productores de los diferentes rubros (supera el 60% en todos los rubros) y seguramente la tendencia continúe en



Base: total encuestados según rubro principal

Figura 1.17. Acceso a Internet
(Pregunta: ¿Ud. tiene acceso a Internet en su hogar o en otro lugar?)

aumento. Sin embargo, el acceso a Internet muestra diferencias muy importantes según el tamaño del establecimiento, el nivel educativo del productor y su edad. En este marco, un desafío particular parece ser apoyar la incorporación del uso de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) por parte de los productores ganaderos más pequeños, aquellos con bajo nivel educativo y mayores de 60 años.

Además, se observa una proporción considerable de productores que accede y consulta sitios web para temas del campo. En ganadería esta situación alcanza al 26% de los productores en la presente encuesta, lo que marca un crecimiento de 9 puntos porcentuales respecto al estudio ya citado de 2009 que Equipo Mori realizó a productores ganaderos. En dicho estudio el 17% manifestaba acceder a páginas web por temas agropecuarios.

Tabla 1.16. Visita a páginas institucionales de interés

	Ganadería	Lechería	Fruti-Horti-Viti	Agricultura extensiva
% que ha visitado alguna vez la página del MGAP	27%	23%	31%	44%
% que ha visitado alguna vez la página de INIA GRAS	15%	25%	26%	38%
% que ha visitado alguna vez la página de RENARE del MGAP	8%	6%	14%	18%
% que ha consultado alguna vez el Sistema de Información Geográfica en la página de RENARE	3%	3%	6%	13%
Total	189	79	35	39

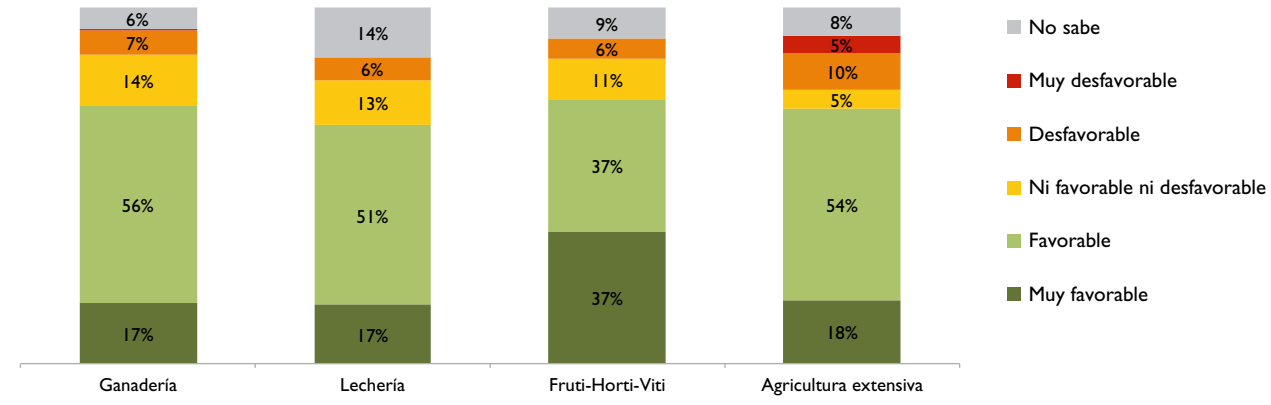
Base: total encuestados según rubro principal

1.6. Participación de los productores y estrategias asociativas

Actitud frente a propuestas de medidas asociativas

Para poder contar con una primera aproximación a las actitudes de los productores sobre las medidas asociativas de adaptación, se incluyeron en la encuesta algunas preguntas relacionadas a dos propuestas de medidas grupales: gestión colectiva para acceder al agua mediante una represa de alcance multipredial, y generación de un banco de alimentos o forrajes colectivo.

En relación a la primera propuesta, es importante marcar que más del 40% de los productores de cada rubro estudiado considera que en su zona existen oportunidades para hacer alguna represa que permita almacenar agua para distribuir entre varios productores.



Base: total encuestados según rubro principal

Figura 1.18. Actitud frente a propuesta de acceso al agua en común con otros productores
(Pregunta: Si se armara en la zona un grupo o sociedad con otros productores para acceder al agua en común, ¿Ud. tendría una posición...?)

Dicho nivel de aceptación aumenta en todos los rubros entre los productores que consideran que hay oportunidades en su zona para realizar una represa, ubicándose en el entorno del 80% de actitud favorable.

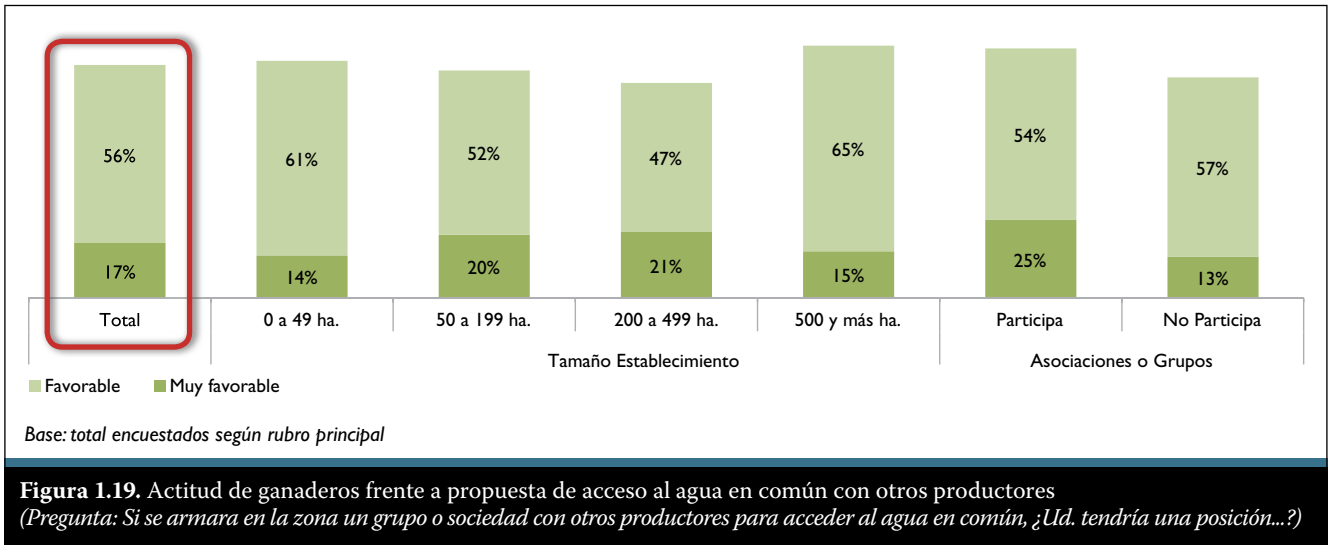


Figura 1.19. Actitud de ganaderos frente a propuesta de acceso al agua en común con otros productores
(Pregunta: Si se armara en la zona un grupo o sociedad con otros productores para acceder al agua en común, ¿Ud. tendría una posición...?)

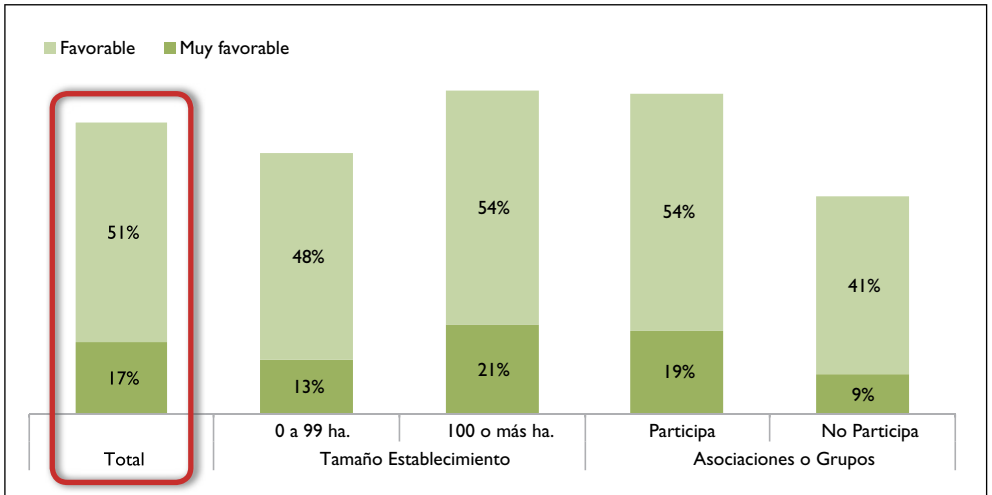
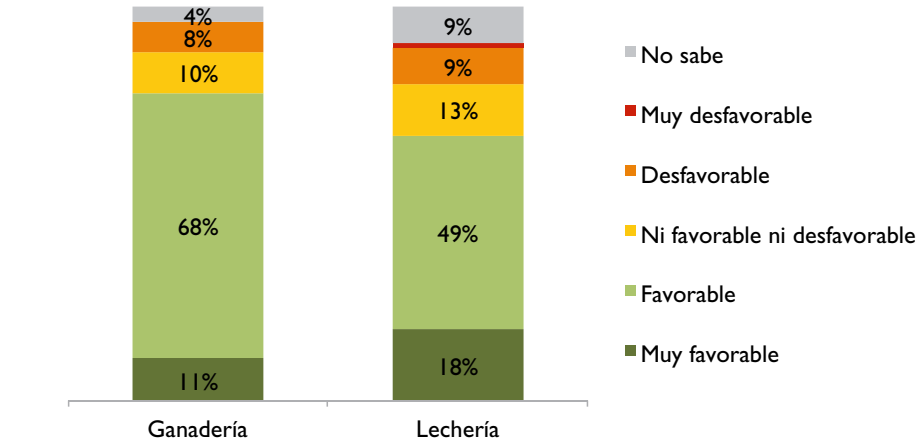


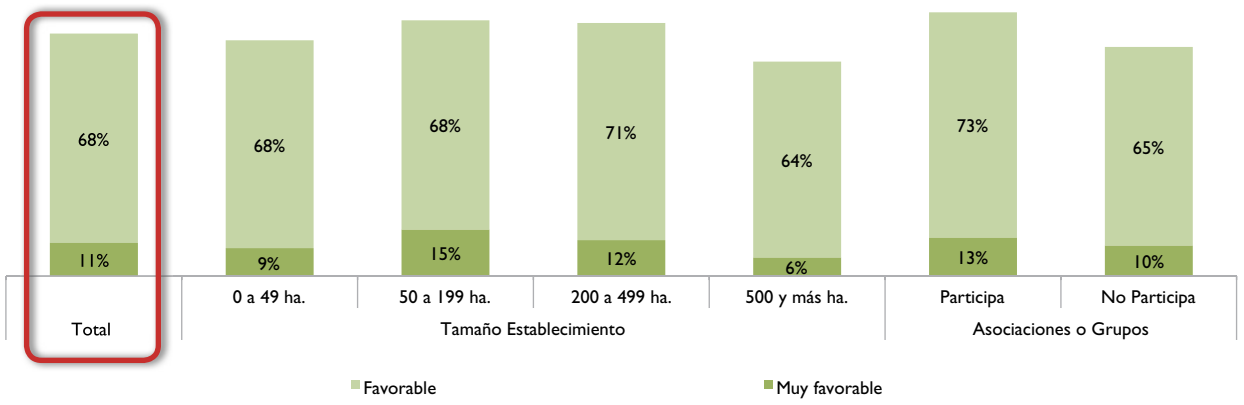
Figura 1.20. Actitud de lecheros frente a propuesta de acceso al agua en común con otros productores
(Pregunta: Si se armara en la zona un grupo o sociedad con otros productores para acceder al agua en común, ¿Ud. tendría una posición...?)

En cuanto a la otra propuesta presentada sobre la posibilidad de formar bancos de alimentos colectivos para el ganado muestra un mayor grado de aceptación entre los productores ganaderos (79%) que entre los lecheros (67%).



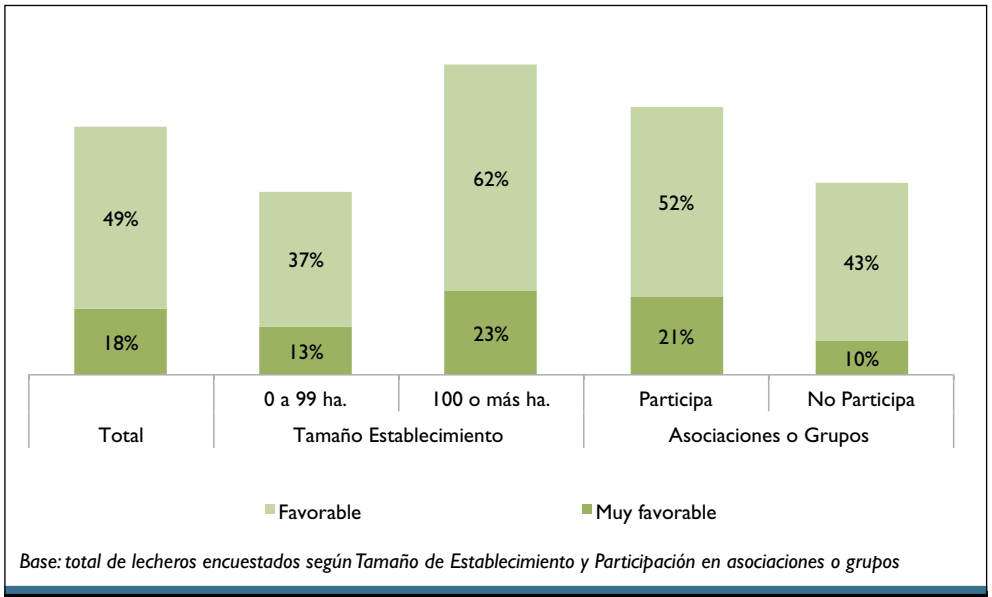
Base: total encuestados según rubro principal

Figura 1.21. Actitud frente a propuesta de bancos de alimentos colectivos
(Pregunta: Respecto a posibles planteos de asociación con otros productores para armar bancos de alimentos/forraje colectivos, ¿Ud. tendría una posición...?)



Base: total de lecheros encuestados según tamaño de establecimiento y Participación en asociaciones o grupos

Figura 1.22. Actitud de ganaderos frente a propuesta de banco de alimentos colectivos
(Pregunta: Respecto a posibles planteos de asociación con otros productores para armar bancos de alimentos/forraje colectivos, ¿Ud. tendría una posición...?)



Base: total de lecheros encuestados según Tamaño de Establecimiento y Participación en asociaciones o grupos

Figura 1.23. Actitud de lecheros frente a propuesta de banco de alimentos colectivos
(Pregunta: Respecto a posibles planteos de asociación con otros productores para armar bancos de alimentos/forraje colectivos, ¿Ud. tendría una posición...?)

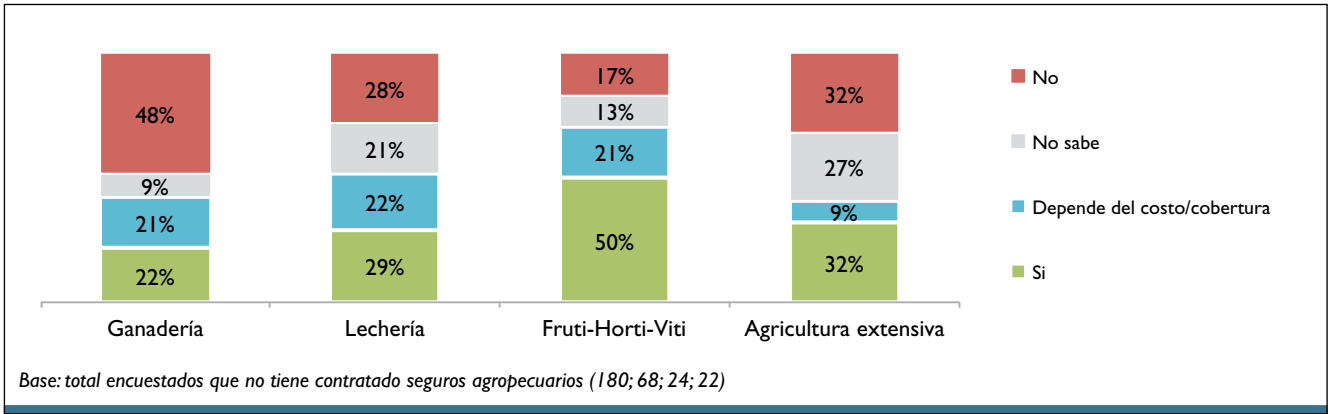
Actitud frente a los seguros agropecuarios

En cuanto a los seguros existentes la opinión de los técnicos es dividida. Los asesores ganaderos no tienen conocimiento en su rubro sobre seguros que sean funcionales al productor ya que se les exigen muchos requisitos para acceder a la prestación y son costosos. A su vez creen que esto se puede deber también a aspectos culturales, en Uruguay "no hay una cultura de seguros".

En el rubro agrícola, por otro lado, sí se utilizan seguros que son considerados por los técnicos como adecuados y efectivos. Allí su uso "no se discute" y se toma como un gasto fijo incuestionable. "Hay varios tipos de seguro (…) consisten básicamente en estar cubiertos en caso de tener un fenómeno climático (…) no salir del todo perdiendo", "sobre granizos, sobre exceso de agua, sobre implantación de servicios". Los arroceros utilizan este tipo de seguros y además otros contra bajas temperaturas.

En el rubro vitícola los seguros tendrían una participación marginal ya que al tratarse de productores pequeños, el Instituto Nacional de Vitivinicultura (INAVI) se hace responsable de las pérdidas que tengan por tanto no tienen la necesidad de asegurar sus cosechas. "Tendría que haber mentalidad de seguros en el rubro, pero si se les pagan las perdidas esto va a seguir pasando." (Técnico)

Entre los productores que no cuentan con ninguna cobertura de seguros agropecuarios, los fruti-horti-viticultores son el grupo que muestra mayor interés en poder contar con este tipo de seguros.



Base: total encuestados que no tiene contratado seguros agropecuarios (180; 68; 24; 22)

Figura 1.24. Interés de contar con seguros agropecuarios
(Pregunta: ¿Le interesaría poder contar con algún tipo de seguros de este tipo?)

1.7. Consideraciones finales

- Los productores, actualmente, jerarquizan la problemática del clima. En este marco el concepto de cambio climático está extendido entre los productores, independientemente de algunas definiciones difusas sobre sus causas.
- Para la amplia mayoría de los productores agropecuarios consultados el clima está cambiando de forma significativa, y se sienten afectados negativamente por estas alteraciones.
- Los principales cambios en el clima percibidos por los productores se asocian al aumento de la temperatura, la mayor frecuencia de sequías e intensidad del sol.
- Dado que los mayores problemas vinculados al cambio y la variabilidad climática que identifican los productores se relacionan a la falta de agua, las principales medidas de adaptación conocidas apuntan a solucionar este problema: disponibilidad de agua (pozos, tajamares, aguadas, represas, etc.) y riego. Entre los productores ganaderos y lecheros también se mencionan de forma destacada las medidas relacionadas al almacenamiento o reserva de forrajes.
- Las principales barreras percibidas por los productores para aumentar su nivel de adaptación al cambio y la variabilidad climática tienen que ver con los costos de las medidas que se conocen y las dificultades para encontrar financiamiento, dada la limitada capacidad de inversión de gran parte de los consultados. Y esto se debe a que las medidas más difundidas entre los productores efectivamente implican una inversión importante.
- Las medidas de adaptación vinculadas a una mejor gestión del campo natural son muy poco conocidas y aplicadas por los productores ganaderos. En este marco, se requiere un mayor esfuerzo por parte del MGAP, de los técnicos y las instituciones de investigación y transferencia en la difusión de buenas prácticas del manejo del campo natural para reducir su vulnerabilidad al cambio y la variabilidad climática.

- En el caso puntual de las cargas de ganado que se manejan, existe un reconocimiento de parte de muchos de los productores en que se trabaja al límite y se identifican los problemas que esto acarrea, pero entienden que bajar la carga no es una opción. Muchos productores ganaderos se manejan por lo que consideran rentable a corto plazo, ven a la reducción de la carga como una pérdida de capital. El foco se centra en el ganado, y no se presta la atención suficiente al desarrollo de las pasturas. Además en otras situaciones el mantener capital en ganado, por peor que este se encuentre opera como salvaguarda en caso de tener que realizar gastos o pagar deudas a corto plazo y continuar. Esto plantea repensar el manejo financiero de las explotaciones.

- El uso que hacen los productores agropecuarios de la información climática de mediano plazo es limitado. A nivel de los pronósticos de mediano plazo se observa un bajo nivel de consulta, especialmente entre los ganaderos. Esto se explica mayormente por dos aspectos: la forma de presentación de esta información en términos de probabilidad dificulta su interpretación y uso para la toma de decisiones, y además hay una porción de los productores (especialmente entre los ganaderos) que no logran identificar decisiones donde puedan utilizar esa información. No basta con tener acceso a la información y los pronósticos, sino que además los productores deben poder utilizarla como un insumo relevante en su toma de decisiones.

- En cuanto a la capacidad de asociarse con otros productores se observan diferencias importantes por rubro: mientras que los lecheros muestran niveles altos de asociativismo, entre los ganaderos se reduce considerablemente. Una parte importante de los productores ganaderos es altamente reactiva a la participación y asociación con otros, por lo que el desarrollo de medidas asociativas va a encontrar en este público barreras considerables.

- Las soluciones asociativas (banco de forraje y represa multipredial) son consideradas positivas por un gran número de productores sin embargo se reconocen las dificultades para implementarlas. Esto implica un doble desafío para la institucionalidad pública: lograr fortalecer las organizaciones y grupos de productores (especialmente a los más nuevos) y continuar con el impulso asociativo; al mismo tiempo ver cómo llegar de mejor manera a ese núcleo de productores que no se vinculan a las organizaciones y a los que en general la institucionalidad pública no llega con sus programas y proyectos.

2

Variabilidad climática de importancia para el sector productivo

Elaborado por South American Institute of Resilience and Sustainability Studies (SARAS), Bella Vista*, Maldonado-Uruguay

Autores:
Mario Bidegain; Carolina Crisci; Laura del Puerto; Hugo Inda; Néstor Mazzeo; Javier Taks; Rafael Terra

MENSAJES CLAVE

- Existe la percepción, en los especialistas y productores consultados, que la frecuencia e intensidad de las sequías se ha incrementado en las últimas décadas. Sin embargo, la evidencia del registro instrumental no permite confirmar estadísticamente esta percepción.
- La evidencia científica sí permite aseverar que el Uruguay y la región han experimentado durante los últimos 10 000 años oscilaciones en sus características climáticas, alternando entre fases frías-secas y cálidas-húmedas.
- Los análisis estadísticos de la serie instrumental de datos meteorológicos y los principales modelos de cambios climáticos concuerdan, a su vez, en que la trayectoria reciente presenta condiciones crecientemente cálidas y de mayor precipitación acumulada anual.
- El análisis sistémico indica que el factor clave para el Uruguay es la adaptación de su sistema socioeconómico (a su vez en proceso de profundos cambios) a una creciente variabilidad más que a las tendencias medias esperadas debido al cambio climático.
- El predominio de los análisis uni-sectoriales en el ámbito de la planificación productiva y territorial no permite prever las demandas reales de agua del conjunto de las principales producciones y genera una considerable vulnerabilidad en los años con precipitaciones por debajo de los promedios históricos.

* Apoyo adicional del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED): Red CHANS-América del Sur

2.1. Introducción

El cambio y/o la variabilidad climática actual y futura encuentran un lugar preponderante en la agenda de gobiernos, instituciones, agencias internacionales y organizaciones a escala global. Esto se debe, ante todo, a que el impacto de estos nuevos escenarios sobre la matriz productiva alimentaria-económica del planeta genera incertidumbres y desafíos para asegurar el suministro de materias primas esenciales para la humanidad.

En este sentido, la capacidad de adaptación de los sistemas de producción ante estos nuevos y variables contextos es de fundamental importancia. Por ello, para comprender, entender y manejar escenarios futuros, resulta imprescindible conocer no solo el origen de esta variabilidad, sino también sus ciclos, ritmos e intensidad en el pasado. De este modo, es posible establecer qué fenómenos y variables pueden ser atribuidos a procesos naturales y cuáles al impacto humano, así como cuál será la respuesta de los ecosistemas locales frente a fenómenos globales y, a su vez, cómo incidirían los mecanismos de adaptación de los sistemas productivos ante esta tríada de cambios globales, respuesta local e impacto humano.

Para abordar esta situación, se debe tener en cuenta que los conceptos y preceptos respecto a la variabilidad natural son relativos. En este contexto, resulta particularmente relevante recordar que:

- La historia climática del planeta consiste en una superposición de variaciones y cambios climáticos de corto, mediano y largo plazo.
- La variabilidad natural, intrínseca al sistema climático terrestre, se superpone cada vez más con aquella inducida por factores cuyo origen remite a actividades antrópicas.
- El concepto de cambio catastrófico, o catástrofe climática, remite ineludiblemente al impacto de un evento o fenómeno climático sobre una población o sistema de producción humano. No existen catástrofes naturales, sino alteraciones en las condiciones "normales". Más aún, si se atiende a la periodicidad de estas catástrofes, a menudo resultan un componente imprescindible para el mantenimiento de determinados ecosistemas (Estévez 2005, Leroy 2006).

El sistema climático terrestre es extremadamente complejo, aún visto como un todo, está compuesto por una intrincada red de variables interrelacionadas que tornan dificultoso atribuir a una de éstas el advenimiento de un cambio o, todavía más, establecer con precisión el momento de su advenimiento. La predicción se torna todavía más compleja cuando se introduce el factor humano de cambio superpuesto a la variabilidad natural.

Por lo expuesto, es imprescindible comprender cabalmente la variación climática en periodos geológicos recientes, fuera de la escala temporal donde la intervención humana aumenta la complejidad. Es desde allí que la información pretérita de mediano y largo plazo incrementa la capacidad de modelar escenarios futuros y modificar el accionar presente para mitigar los potenciales impactos futuros (Olfield y Alverson 2003, Zolitschka y Enters 2009).

En el área de los estudios climáticos existe una diversidad de definiciones conceptuales de vulnerabilidad, prevaleciendo una clara tendencia a adoptar la definición incluida en el IPCC (2007): la vulnerabilidad es un atributo que indica si un sistema social es susceptible o incapaz de enfrentar los efectos adversos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y los eventos extremos. Vulnerabilidad es una función del carácter, magnitud y

tasa de cambio climático a la cual el sistema está expuesto, su sensitividad y su capacidad adaptativa.

La variabilidad climática no es la que condiciona la vulnerabilidad de los sistemas socioecológicos (SES), sino la interacción entre los diferentes subsistemas de los SES. En términos más precisos, los impactos del clima sobre la sociedad se definen no solo a partir de las dimensiones biofísicas del fenómeno climático (intensidad y frecuencias de sequías, precipitaciones, inundaciones, etc.) sino también por condiciones socioeconómicas (grado de exposición de ciertos tipos de productores a los fenómenos referidos) (IPCC 2007). La vulnerabilidad debe ser entendida como una propiedad emergente de la interacción entrelos agro-ecosistemas y los sistemas socioeconómicos acoplados (Díaz y Santibañez, 2012).

El presente capítulo analiza los siguientes aspectos centrales:

A.- Variabilidad climática y eventos extremos críticos para la producción del sector ganadero, agrícola y frutícola en diferentes regiones del Uruguay.

B.- Variabilidad climática histórica del Uruguay y la región durante el Holoceno y en el periodo de registro instrumental, con especial énfasis en aquellos aspectos identificados en el punto A.

C.- Posibles escenarios climáticos futuros, certezas e incertidumbres.

2.2. Aproximación metodológica

Díaz y Santibañez (2012) explican claramente los diferentes enfoques metodológicos sobre el análisis de vulnerabilidad en el proyecto (actualmente en ejecución) denominado ***Coming down the mountain: understanding the vulnerability of Andean communities to hydroclimatologic variability and global environmental change*** (SGP-HD004) financiado por el Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Climático (IAI, por sus sigla en inglés). Una aproximación considera la vulnerabilidad como una situación que emerge a partir de los impactos esperados del cambio climático y de la capacidad humana de reducir esos impactos. En este caso, la vulnerabilidad puede ser expresada en una ecuación simple: impactos - capacidad adaptativa = vulnerabilidad. La vulnerabilidad se ubica al final de un proceso analítico que comienza con una definición de escenarios de cambio climático, continúa con los impactos asociados a cada uno de estos escenarios y finaliza con el establecimiento de medidas y estrategias de adaptación. La vulnerabilidad es el resultado de modelos que, aunque presentan un alto de grado de incertidumbre, intentan predecir las condiciones futuras del clima y las capacidades adaptativas de la sociedad.

Una segunda perspectiva enfatiza el análisis de la vulnerabilidad como un punto de partida: definiéndola como una característica a partir de una combinación actual de procesos naturales y socioeconómicos que genera una situación de incertidumbre y riesgos para los ecosistemas, los servicios que éstos sostienen y el bienestar humano asociado. En este contexto, el cambio climático es un factor adicional a la vulnerabilidad actual, un factor que aumenta (o disminuye) la situación de riesgo.

El presente trabajo se enmarca dentro de la segunda estrategia, para ello, se analiza qué eventos climáticos son los más importantes o relevantes en la matriz socioeconómica de Uruguay; se determinan las principales características de variabilidad climática, tanto para el

país como para la región, durante el Holoceno y el periodo actual; se examinan las principales predicciones de mediano plazo del cambio climático para la región y su congruencia con las trayectorias observadas en el registro instrumental; finalmente, se profundiza sobre la capacidad de adaptación del país.

Variabilidad climática y eventos extremos críticos para la producción

Se realizó un sondeo mediante entrevistas semi-estructuradas, entre once expertos en temas agropecuarios, acerca de su percepción y análisis de la variabilidad climática y el cambio climático con incidencia productiva.

Los expertos fueron seleccionados de acuerdo a sus antecedentes y conocimiento como asesores o extensionistas para sistemas productivos agropecuarios: ganadería extensiva, lechería, horti-fruticultura y agricultura de granos (Tabla 2.1).

Tabla 2.1. Lista de entrevistados

Entrevistado	Rubro	Organización/Institución	Tipo de entrevista
Hermes Morales	GANADERO	Plan Agropecuario	Teleconferencia
Daniel de Brum	GANADERO	Productor independiente	Teleconferencia
Graciela Quintans	GANADERO	Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA)	Videoconferencia
Marcelo Pereira	GANADERO	Plan Agropecuario	Teleconferencia
Jorge Sawchik	AGRICULTURA	INIA	Teleconferencia
Elbio Berretta	GANADERO	INIA	Teleconferencia
Roberto Zopolo	FRUTICULTURA	INIA	Teleconferencia
Oswaldo Ernst	AGRICULTURA	Facultad de Agronomía (FAGRO) UdelaR	Videoconferencia
Pablo Soca	GANADERO	FAGRO	Videoconferencia
Esteban Hoffman	AGRICULTURA	FAGRO	Videoconferencia
Danilo Bartaburu	GANADERO	Plan Agropecuario	email

La Unidad Agropecuaria de Cambio Climático del MGAP, en consulta con el equipo de trabajo, definió a qué técnicos entrevistar. Previo a la entrevista, se les envió una pauta con cuatro preguntas la cual sirvió como disparador de la interacción, así como para una posterior sistematización de la información recogida. Mayor detalle de los aspectos metodológicos puede ser consultado en Crisci et al. (2012).

Análisis de la variabilidad climática pasada

Estudiar el clima en tiempos pretéritos de escala milenaria implica, ante todo, la enorme constricción que supone carecer de datos instrumentales. Por lo tanto, para conocer los principales procesos, ciclos y fenómenos climáticos del pasado es necesario recurrir a indicadores indirectos de, por ejemplo, temperatura, humedad, precipitaciones.

Este tipo de investigaciones permite abordar la variabilidad climática pre-industrial, el rango de variabilidad natural del sistema climático terrestre, los mecanismos, la velocidad e intensidad de los cambios, así como causas, cronología de los mismos y las respuestas de los ecosistemas locales (Oldfield y Alverson 2003, Zolitschka y Enters 2009).

Las investigaciones que sustentan el presente trabajo se realizaron desde diferentes disciplinas: Geomorfología (Panario y Piñeiro 1997, Bracco y Ures 1998, Bracco et al. 2000), Geología (Montaña y Bossi 1995), Paleolimnología (García Rodríguez 2002, García Rodríguez et al. 2001, 2002, 2004a, 2004b, 2004c, Bracco et al. 2005b, Del Puerto, 2011, Del Puerto et al 2011a y b, Inda, 2011, Inda et al. 2006), Paleontología (Sprechmann 1978, Martínez 1989, Martínez y Rojas 2006), Arqueología (Bracco et al. 2000, 2005a, 2008) y Paleobotánica (Campos et al. 2001, Del Puerto y Inda 2005, Iriarte 2006, Inda y Del Puerto 2007).

El presente informe incorpora, además de los antecedentes señalados, información de investigaciones recientes a partir de la evidencia de registros indirectos (proxies) contenidos en 13 testigos sedimentarios procedentes de siete lagunas costeras del sudeste del Uruguay (Figura 2.1, Tabla 2.2).

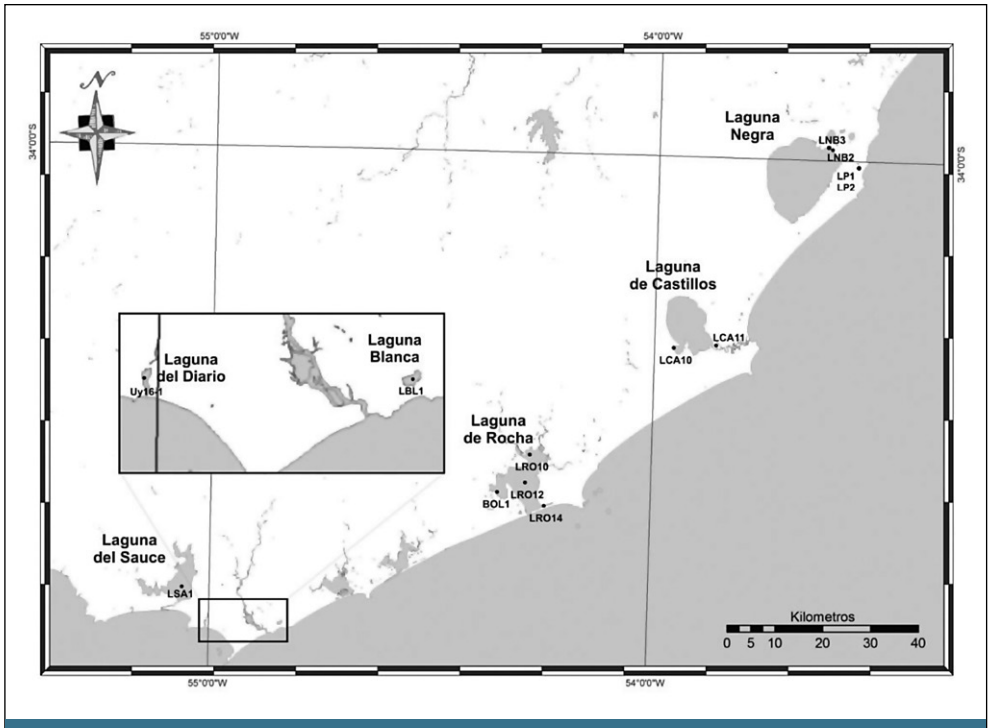


Figura 2.1. Detalle de los principales sistemas lacustres donde se extrajeron testigos sedimentarios (los lugares de muestreo y el código de cada testigo se indican en la figura). Fuente: tomado y adaptado de Del Puerto et al., 2011a.

Tabla 2.2. Potencia y dataciones radiométricas de los testigos analizados. Fuente: tomado y modificado de Del Puerto *et al.*, 2011a y actualizado en base a Del Puerto et al 2011b.

Laguna	Testigo	Potencia (cm)	Dataciones		
			Intervalo (cm)	Cronología	Técnica
Negra	LNB2	180	42-58	1720±50 a.AP*	^{14}C
			58-68	1810±80 a.AP	
			93-108	3820±70 a.AP	
			135-140	3820±180 a.AP	
	LNB3	315	75-78	930 ± 45 a.AP	
			118-131	1600 ± 50 a.AP	
			161-178	1980 ± 40 a.AP	
			242-245	4560 ± 70 a.AP	
			263-270	5220 ± 90 a.AP	
de Castillos	LCA10	352	250-266	13475 ± 720 a.AP	
			322-330	27160 ± 1370 a.AP	
	LCA11	545	45-49	3263 ± 284 a.AP	
			535-545	7430 ± 170 a.AP	
de Rocha	BOL1	48	25-28	2250 ± 80 a.AP	
	LRO10	260	135-145	4606 ± 177 a.AP	
			235-250	8860 ± 310 a.AP	
	LRO12	680	66-81	4066 ± 126 a.AP	
			215-222	4410 ± 169 a.AP	
			430-438	5269 ± 233 a.AP	
			579-587	6209 ± 170 a.AP	
			639-647	7207 ± 620 a.AP	
	LRO14	280	116-126	15187 ± 376 a.AP	
			273-280	19030 ± 770 a.AP	
Blanca	LBI1	545	60	1890 AD	^{210}Pb
			140-145	1020 ± 60 a.AP	^{14}C
			250-255	2200 ± 60 a.AP	
			350-355	3710 ± 75 a.AP	
			536-545	7310 ± 230 a.AP	
Sauce	LSA1	137	20-31	2710 ± 50 a.AP	
			130-137	4380 ± 80 a.AP	
Diario	Uy 16-1	110	38	1905 AD	^{137}Cs
			38	1899 AD	^{210}Pb
			49-62	4000 ± 70 a.AP	^{14}C
			99,5-110	5300 ± 80 a.AP	
de Peña	LP1-LP2	157	LP1 0-7	1962±2 AD	
			LP1 70-77	322 ± 45 a.AP	
			LP1 93-100	568 ± 45 a.AP	
			LP2 120-127	775 ± 45 a.AP	
			LP2 140-147	1515 ± 70 a.AP	
			LP2 150-157	2400 ± 55 a.AP	

* a.AP: Años ante del presente

En cada testigo sedimentario extraído se analizaron conjuntamente varios indicadores biológicos, geoquímicos y sedimentológicos para obtener información respecto a la variabilidad climática y ambiental holocena. Los resultados obtenidos constituyen la base para la elaboración de un modelo general regional de evolución paleo-climática y paleo-ambiental para el Holoceno del sudeste del Uruguay.

En la Tabla 2.3 se presentan los principales indicadores sedimentológicos y geoquímicos analizados para cada testigo sedimentario, mientras que los análisis fitolíticos y diatomológicos se realizaron en la totalidad de los testigos.

Tabla 2.3. Principales *proxies* geoquímicos y sedimentológicos analizados en los testigos sedimentarios estudiados. Fuente: tomado y reformado de Del Puerto *et al.*, 2011b en base a información de Del Puerto *et al* 2011b.

Laguna	Testigo	Indicadores sedimentológicos	Indicadores Geoquímicos
Negra	LNB2	Textura	MO Total
		Composición mineralógica de arenas y arcillas (DRX)	CO_3 Total
	LNB3	Textura	MO Total
		Composición mineralógica de arenas y arcillas (DRX)	CO_3 Total
de Castillos	LCA10	Textura y composición mineralógica de arenas	MO y CO_3 Totales
	LCA11	Textura y composición mineralógica de arenas	MO y CO_3 Totales
de Rocha	BOL1	Textura	MO, N y P Totales
	LRO10	Textura y composición mineralógica de arenas	MO, CO_3, C, N y P Totales
	LRO12	Textura y composición mineralógica de arenas	MO y CO_3 Totales
	LRO14	Textura y composición mineralógica de arenas	MO y CO_3 Totales
Blanca	LBI1	Textura y composición mineralógica de arenas	MO, CO_3, C, N y P Totales
Sauce	LSA1	Textura y composición mineralógica de arenas	MO,CO_3, N y P Totales
Diario	Uy 16-1	Textura y composición mineralógica de arenas	MO y CO_3 Totales
de Peña	LP1-LP2	Textura y composición mineralógica de arenas	MO y CO_3 Totales, Isótopos de C y N en MO

Análisis del registro instrumental

El registro instrumental de estaciones meteorológicas disponibles en el país comprende a once estaciones de la red de la Dirección Nacional de Meteorología (DNM) y cinco estaciones de la red del INIA. La serie más antigua comienza en 1915 (La Estanzuela, INIA) y las demás entre 1931 y 1986. La mayoría de las series se encuentra a frecuencia diaria aunque también se cuenta con series de la DNM a frecuencia mensual.

Se presenta inicialmente una descripción de la variabilidad interanual, decadal y tendencias observadas sobre la región, para variables climáticas con alto impacto en las actividades agronómicas (precipitación, temperatura y heladas) en el periodo instrumental más reciente.

En segundo lugar, se analizan e interpretan las series climáticas de algunas variables de interés, en particular: precipitación acumulada anual y frecuencia de precipitaciones intensas para dos de las estaciones meteorológicas disponibles. Simultáneamente, se investiga

también la evolución de la temperatura media anual de todo el país a partir de estudios pre-existentes al momento de la elaboración de este informe.

Por último, en una tercera etapa de análisis, se considera un total de ocho indicadores o variables climáticas derivadas (calculadas a partir de las variables meteorológicas disponibles).

La Tabla 2.4 muestra, para cada tipo de producción, el problema climático de interés y los indicadores utilizados para su estudio. Se indican también el o los periodos del año (estaciones) considerados para el cálculo de cada una de las variables derivadas. Es importante destacar que la elección de los indicadores y los periodos está fundamentada en el conocimiento de la variabilidad climática anual, los aportes de los expertos consultados y la opinión de los especialistas que participaron en el taller: ***Avances en la descripción del clima en el Uruguay y su evolución esperable en el mediano y largo plazo***, que tuvo lugar en el MGAP el 15 de diciembre de 2011.

Tabla 2.4. Para cada uno de los tres tipos de producción considerados se muestran el o los problemas climáticos, las variables asociadas y las estaciones del año consideradas. Las estaciones del año seleccionadas dependen fundamentalmente de los periodos de siembra y cosecha de cultivos tradicionales, así como de los ciclos de producción del campo natural y praderas artificiales.

Problema	Variable	Estación
Ganadería		
Seca	Precipitación acumulada	Octubre – Febrero, Enero – Mayo
	Evaporación Tanque A acumulada	
	Evapotranspiración Penman acumulada	
	Máximo déficit acumulado de precipitación	15 de setiembre – 15 de mayo
Agricultura		
Seca	Ídem ganadería	
Déficit y exceso hídrico	Precipitación acumulada	Abril – Mayo, Octubre – Noviembre
Citrus		
Heladas	Días helada: Número de días con T min < 0°C	Junio – Agosto
Inducción de frío	Sumatoria de °C.días con base 7°C	
Olas de calor	Número total días con T Max.>T90	Diciembre – Febrero
	°C.días de racha máxima por encima de T90	
Déficit y exceso hídrico	Ídem agricultura	

Las "variables de base" consideradas para calcular las variables de interés fueron cinco:

Precipitación (diaria y mensual), Temperatura máxima (diaria), Temperatura mínima (diaria), además, en las estaciones de INIA se cuenta con la Evaporación del Tanque A (diaria) y con el cálculo de la Evapotranspiración potencial según Penman-Monteith (diario). No todas las estaciones meteorológicas cuentan con todas las variables de base y dentro de cada localidad, el periodo de registro de las variables disponibles no es necesariamente el mismo.

Los nuevos indicadores se calcularon para cada año (en la estación o estaciones del año escogidas para su cálculo, ver Tabla 2.4). Para cada estación meteorológica, cada indicador y cada temporada, se obtuvo una serie de datos con un valor por año.

A continuación se presentan los indicadores analizados:

- **Precipitación acumulada**: es la suma de la precipitación mensual en el periodo. Se expresa en milímetros.
- **Evaporación Tanque A acumulada**: corresponde al acumulado de la evaporación diaria del Tanque A en el periodo. Se expresa en milímetros.
- **Evapotranspiración acumulada**: corresponde al acumulado de la evapotranspiración potencial Penman-Monteith diaria durante el periodo. Se expresa en milímetros.
- **Máximo déficit acumulado de precipitación**: dado un día de inicio del periodo a considerar (que se tomó el 15 de setiembre), el déficit acumulado de precipitación para un día determinado del periodo consiste en la diferencia entre el acumulado de lluvia desde el día inicial a dicho día y el acumulado climatológico (promedio de todos los años disponibles). La máxima diferencia positiva de toda la estación (que se tomó terminando el 15 de mayo) corresponderá con el máximo déficit acumulado de precipitación (ver Figura 2.2). La variable se expresa en milímetros.

Considerando la alta variabilidad de la precipitación y la limitada longitud del registro, la climatología de lluvia (de la cual se deduce la climatología acumulada) se calculó promediando no solo en todos los años sino también en un periodo de promedio de 31 días, centrado en el día en cuestión. La longitud escogida del periodo de promedio fue arbitraria pero resultó ser adecuada para suavizar la curva media de precipitación acumulada (ver Figura 2.2).

- **Días helada**: número total de días en el periodo considerado en donde la T min. es menor a 0°C. La variable se expresa en número de días.
- **Inducción de frío**: es el total de grados-día por debajo de 7°C en el periodo considerado; en otras palabras, es la suma de la diferencia de 7-T min. para los días en que la diferencia es mayor que cero (ver Figura 2.3). Se mide en grados-días.
- **Número de días con T máxima por sobre T90 (NT90)**: es el número de días dentro del periodo del año considerado en que la Temperatura máxima se encuentra por encima del percentil 90 (T90).

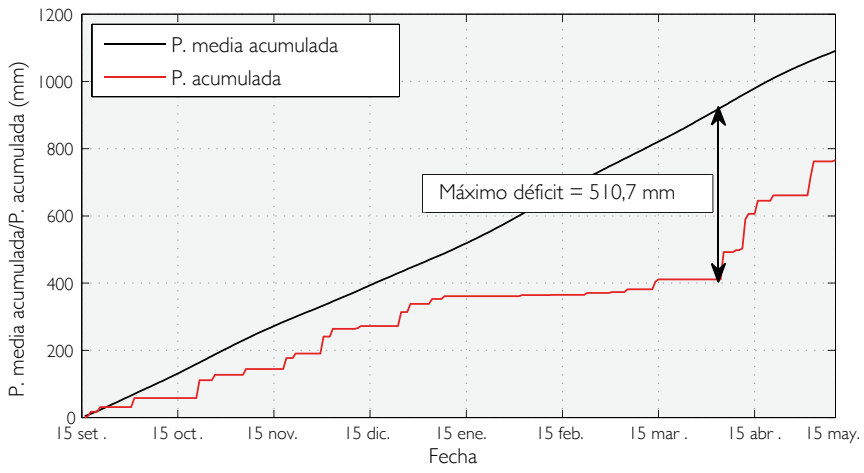


Figura 2.2. Representación de la variable Máximo déficit acumulado de precipitación. Se muestra la precipitación acumulada diaria de Artigas para el periodo comprendido entre el 15 de septiembre y el 15 de mayo del año 1964 (curva roja) y el promedio de la precipitación acumulada considerando todo el periodo de datos diarios disponibles (1950 – 2008). La máxima diferencia positiva entre el promedio y la P. acumulada corresponde con el Máximo déficit acumulado de precipitación, que es en este caso de 510,7 mm.

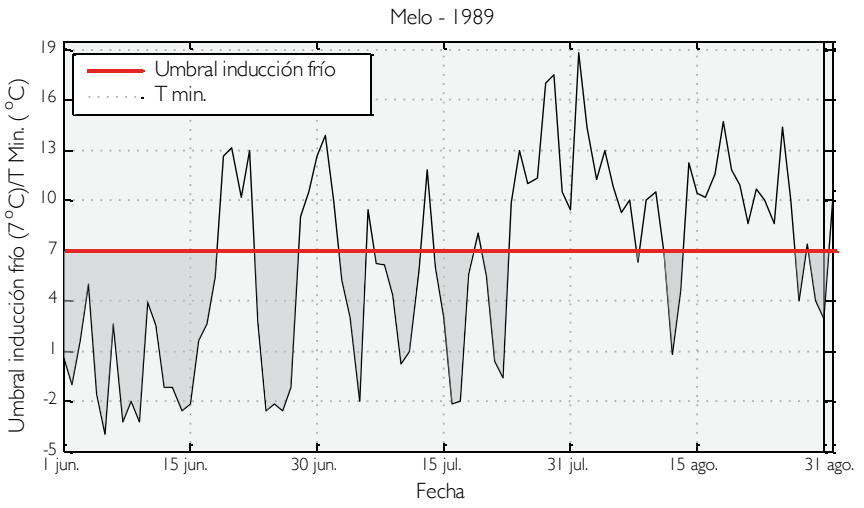


Figura 2.3. Representación de la variable Inducción de frío con base 7°C. La curva gris oscura representa la Temperatura mínima diaria del periodo comprendido entre el 1° de junio y el 31 de agosto de la estación meteorológica de Melo en el año 1989. La variable Inducción de frío se computa como la suma de las diferencias entre el umbral de 7°C (línea azul) y las temperaturas mínimas por debajo de este umbral (valor que se corresponde con la suma de las áreas azul claro).

Se calculó el T90 para cada día del periodo, se tomaron en cuenta los días correlativos de todos los años con un período de promedio centrado de 11 días, se incluyeron los cinco días anteriores y los cincos días posteriores al día en cuestión. La elección de un periodo de promedio más corto que el considerado para la precipitación se debe a la menor variabilidad de la temperatura a paso diario. De este modo se obtuvo un valor de T90 para cada día de la serie. La variable NT90 se calculó sumando, dentro de cada año, el número de días en la estación considerada que sobrepasa el valor de T90 correspondiente. Se cuantificó el número de días (ver Figura 2.4).

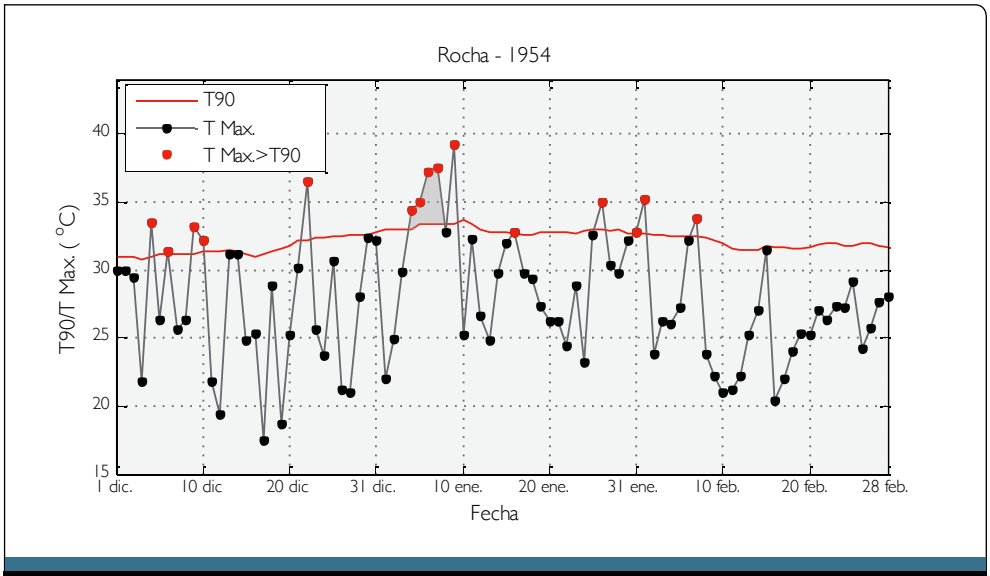


Figura 2.4. Representación de las variables NT90 y °C -día de racha máxima por sobre T90. Se muestran los datos de Temperatura máxima diaria en el periodo que va del 1° de diciembre al 28 de febrero para la localidad de Rocha en 1954 (curva negra) y la curva de T90 (azul). Los días con T máxima mayor a T90 están representados con puntos rojos (NT90 = 15). Por otro lado, la variable Total °C-días de racha máxima por sobre T90 corresponde con el área sombreada bajo la curva de T máxima, siendo ésta, la mayor de las áreas de todas las que se encuentran por sobre T90.

- **Total °C-día de racha máxima por sobre T90**: es el mayor valor de la suma de grados-día por sobre T90 de todos los periodos consecutivos con T máxima mayor a T90 (ver Figura 2.4). Se expresa como grados-días.

Con el fin de separar y cuantificar el componente asociado al calentamiento global de las series climáticas, se calculó el porcentaje de varianza explicada por las variables proyectadas sobre el calentamiento medio del globo. Se tomó como serie de calentamiento medio del globo al promedio suavizado de temperatura media del mar de un conjunto de simulaciones con numerosos modelos climáticos forzados con forzantes observados durante el pasado, fundamentalmente Gases de Efecto Invernadero (GEI) (Fig. 2.5).

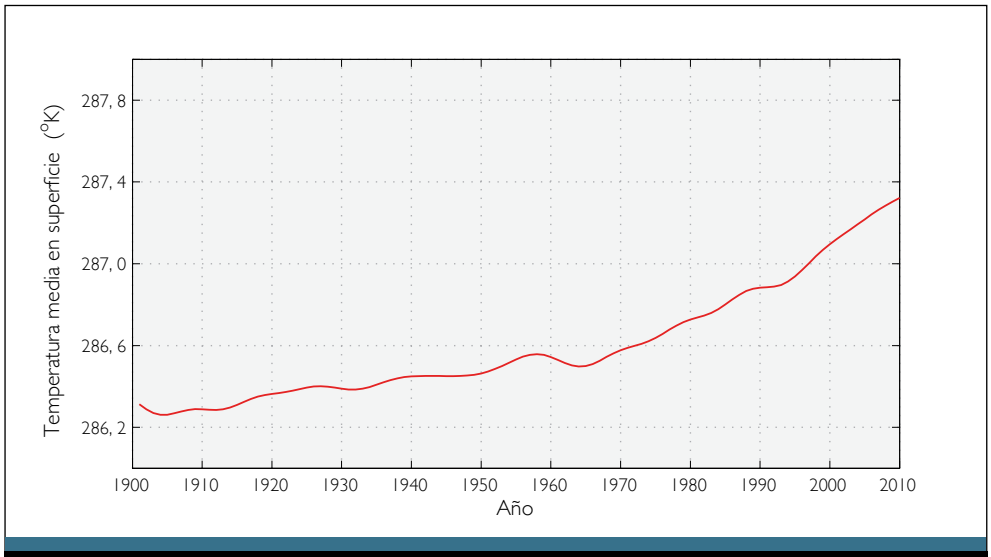


Figura 2.5. Serie de calentamiento medio del globo (promedio suavizado de temperatura media del mar) considerada para proyectar las variables climáticas.

Se utilizó el test de Kendall-Mann para estudiar las tendencias de las series climáticas. En el caso de las estaciones meteorológicas que mostraron las tendencias de Kendall-Mann más significativas, es decir máximas positiva y negativa, se presentan las salidas gráficas de las series climáticas brutas y del componente proyectado sobre el calentamiento medio del globo.

Se graficaron desviaciones "estándar móviles" para visualizar la tendencia de variabilidad interanual de las distintas variables climáticas representadas y estaciones meteorológicas. El periodo considerando para calcular las desviaciones fue de siete años, elección que tiene por objetivo incluir las frecuencias típicas del fenómeno de El Niño-Oscilación Sur (ENOS). Aspectos metodológicos adicionales de este componente pueden ser consultados en detalle en Crisci et al. (2012).

Escenarios climáticos futuros

Las únicas herramientas disponibles para estimar los escenarios climáticos futuros, con objetividad y con coherencia física en sus resultados, son las salidas de los Modelos Climáticos Globales (GCM, por su sigla en inglés).

Un modelo climático global es una representación matemática (un sistema de ecuaciones) de las leyes que se entiende gobiernan los principales procesos biofísico-químicos que ocurren dentro de los componentes del sistema climático y las interacciones entre ellos. Los principales componentes del sistema climático son: la atmósfera, hidrosfera, criósfera, litosfera y biosfera.

Las interacciones entre los componentes se manifiestan como intercambios o flujos de energía y materia a través de las superficies que limitan los componentes. El conocimiento de la solución del sistema de ecuaciones del modelo permitiría una descripción detallada del estado del sistema en el espacio y el tiempo. Pero, en la práctica, solo pueden obtener-

se soluciones aproximadas, utilizando métodos de cálculo numérico que requieren el uso de computadoras de gran capacidad de procesamiento.

Una solución particular de estas ecuaciones, para determinados valores de los parámetros climáticos (por ejemplo: composición de los gases y partículas que forman la atmósfera, cantidad de energía proveniente del sol, entre otros) y determinadas condiciones de inicio, configura una simulación climática. De este modo, pueden obtenerse simulaciones del clima actual (experimentos de control o escenarios de base) las que, comparadas con los datos de mediciones, permiten valorar la habilidad o capacidad predictiva del modelo. La comparación de estadísticas basadas en estas simulaciones permite obtener estimaciones de los cambios climáticos proyectados por los modelos.

Varios grupos de científicos en diferentes países realizan investigaciones climáticas con modelos climáticos globales de características similares. Cada uno de ellos actualiza los métodos de modelado de los procesos físicos y de resolución numérica de las ecuaciones, a medida que avanza el conocimiento científico y se incrementa la capacidad computacional.

Esto origina diferencias entre los resultados de distintos modelos, que reflejan el grado actual de incertidumbre en el modelado climático.

En el presente trabajo se consideraron los siguientes tipos: el modelo climático global del Centro Hadley en su versión 3 (HADCM3), desarrollado por dicha institución del Reino Unido, y el modelo global acoplado del Instituto Max Planck de Meteorología (ECHAM5/MPI-OM) elaborado en Hamburgo, Alemania. El HADCM 3 es un modelo acoplado Atmósfera-Océano de Circulación General (AOGCM, por su sigla en inglés) y su componente atmosférico tiene 19 niveles con una resolución horizontal de 2.5° de latitud por 3.75° de longitud.

El modelo global acoplado echam5, con una componente atmosférica de 31 niveles, tiene una resolución horizontal de 1.8° de latitud por 1.8° de longitud, es decir, aproximadamente 200 km entre puntos de grilla; en tanto, el modelo oceánico (MPI- OM) tiene 31 niveles en la vertical y una resolución horizontal de 1.5° latitud por 1.5° de longitud (Roeckner et. al.,2003).

2.3. Variabilidad climática del Holoceno

El Holoceno es el periodo geológico más reciente, cuyo inicio se retrotrae al final de la última glaciación e instalación del inter-glacial actual (Roberts 2009). Debido al desfasaje en la cronología del inicio de este evento inter-glacial a escala global, se ha fijado por convención una fecha arbitraria para su inicio: 10 000 años ^{14}C AP (isótopo Carbono 14/ antes del presente) o aproximadamente 11 450 años calibrados AP (Anderson et al. 2007, Roberts 2009).

Durante el periodo conocido como Último Máximo Glaciar (25 000-18 000 años calibrados AP) se instauró un clima extremadamente frío y seco, con temperaturas promedio de hasta 20°C por debajo de las actuales. Como consecuencia de esto, capas de hielo de hasta 4 km de espesor cubrieron el norte y centro de Europa y América del Norte, mientras que mantos de menor entidad se extendieron desde los Alpes y los Pirineos en Europa, en los Andes sudamericanos y en el este de Asia (Roberts 2009). Hace 20 000 años AP, al Sur del paralelo 38°S, los Andes patagónicos se encontraban cubiertos por una densa capa

de hielo, mientras que al Norte de esa latitud, las extensiones glaciales de tipo alpino se restringieron a las cuencas altas de los valles cordilleranos. En el comienzo del Holoceno se desencadena el calentamiento climático y concomitante la deglaciación de estas regiones continentales.

Este evento climático a escala planetaria puede ser atribuido principalmente a variaciones en la radiación solar recibida por la Tierra en aquel entonces. Tales variaciones se vinculan a cambios cíclicos en los parámetros orbitales terrestres. A comienzos del Holoceno, uno de los tres ciclos de forzamiento orbital (o ciclos de Milankovitch), concretamente el de precesión equinoccial, se encontraba en situación opuesta a su condición actual. El cambio de este parámetro orbital, que determinó que el hemisferio Norte recibiera un 8% más de radiación solar estival que en la actualidad, habría actuado como desencadenante del derretimiento de las masas de hielo continental (Roberts 2009).

Sin embargo, esta tendencia climática de largo plazo (vinculada a ciclos orbitales) fue interrumpida o atenuada varias veces a través del Holoceno, periodo caracterizado por una significativa variabilidad climática respecto a periodos precedentes. Ciclos de cambio de entre 2500 y 1500 años de recurrencia (eventos de Dansgaard-Oeschger y eventos Heinrich) se encuentran documentados a escala global (Dansgaard et al. 1984). Esta significativa variabilidad climática holocena puede explicarse como consecuencia de un equilibrio meta-estable entre los componentes del sistema climático. Dentro de estos componentes se incluyen el ciclo hidrológico, el contenido de calor de las masas oceánicas, los gases invernadero atmosférico y los hielos oceánicos. Más allá de la pléyade de componentes inter-relacionados del sistema climático terrestre, la variabilidad solar parece ser el factor preponderante que explica la variabilidad climática holocena. La variabilidad solar a escalas temporales amplias está determinada por parámetros orbitales (Anderson et al. 2007, Roberts 2009) aunque existen otras variaciones de escala temporal menor que remiten a cambios en la radiación emitida por el sol –vinculados a los ciclos de manchas solares– y al efecto de las erupciones volcánicas con grandes emisiones de polvo. Tales factores externos se encuentran sobre-impuestos a variaciones internas del sistema climático terrestre.

Las variaciones internas del sistema climático se relacionan primordialmente a cambios de gran escala y magnitud en el sub-sistema atmósfera-océano, responsables de las variaciones climáticas inter-anuales. En ciertos casos, estas oscilaciones exhiben patrones geográficos y temporales conspicuos, generando eventos y fenómenos bien conocidos y documentados como la oscilación sur de El Niño o la oscilación del Atlántico Norte (Holmgren et al. 2001, Bradley et al. 2003, Labeyrie et al. 2003).

Paleoclima en la región

Los modelos paleoclimáticos desarrollados para la cuenca del Río de la Plata, señalan que durante el Último Máximo Glacial, ocurrido en torno a 25 000-18 000 años calibrados AP, se habría instaurado un clima mucho más seco y frío que el actual, el cual se extendió hasta unos milenios antes del comienzo del Holoceno. Evidencias regionales de estas condiciones han sido generadas a partir de registros polínicos en el sudeste de Brasil (Ledru 1992, Behling 1995, 1998, 2002, 2007, Behling et al. 2004), en los Andes peruanos (Villagrán 1990, Markgraf 1993), en la Pampa argentina (Prieto 1996, 2000), en el noreste de Argentina (Rizzo 1985 en Iriondo y García 1993) y en la cuenca superior del Paraná (Stevaux 1994 en Adams y Faure 1997). Los datos coinciden con lo señalado por registros paleolimnológicos (diatomeas, sedimentología, indicadores geoquímicos, etc.) en el

Sudeste de Brasil (Moro et al. 2004), por depósitos de loess en la provincia de Santa Fe y el noroeste de Entre Ríos, así como por la movilización y depósito de arenas eólicas en el Chaco occidental (Iriondo y García 1993) y por registros sedimentarios, pedológicos, geomorfológicos y biológicos en la cuenca basáltica del norte de Uruguay (Castiñeira et al. 2005, 2006, Castiñeira 2008).

El Holoceno temprano registró un importante incremento en la temperatura y la humedad. No obstante, de acuerdo a diferentes registros, este mejoramiento climático habría tenido lugar con diferente cronología e intensidad a través de la región. A partir de evidencias sedimentológicas, arqueológicas y zoológicas, Iriondo y García (1993) postulan, para las provincias de Buenos Aires y Córdoba (Argentina) que recién hacia el 8000 a 14C AP habría tenido lugar el comienzo efectivo del periodo húmedo conocido como *Optimun Climaticum*, caracterizado por clima húmedo subtropical-tropical, extendiéndose hasta cerca del 3500 a ^{14}C AP. En la Pampa argentina, sin embargo, evidencias polínicas indican la finalización del periodo húmedo hacia el entorno del 6000 AP, cuando comienza una fase más seca que se habría extendido hasta después del 4000 ^{14}C AP (Mancini et al. 2005, Prieto 1996). Para otras zonas (principalmente el sudeste y centro sur de Brasil) existen evidencias (polínicas, sedimentológicas, geoquímicas y diatomológicas) de un mejoramiento climático más temprano, próximo al 10 000 ^{14}C AP. Las mismas sugieren que hacia el 8000 ^{14}C AP se habría iniciado un nuevo pulso árido que se extendió hasta ***circa*** el 3000 ^{14}C AP (Behling 1995, 2007, Vernet et al. 1994 en Adams y Faure 1997, Melo et al. 2003, Moro et al. 2004). Iriarte (2006) señala la instalación de condiciones más cálidas y húmedas en el este de Uruguay próximo al 10 000 ^{14}C AP, extendiéndose hasta ~ 6200 a ^{14}C AP.

El Holoceno medio ha sido caracterizado como de alta variabilidad climática (Clapperton 1993) y representa la transición a las condiciones ambientales recientes. Aunque las evidencias paleoclimáticas para la Pampa son fragmentarias y con frecuencia controversiales, varios autores coinciden en que este periodo se caracterizó por un clima más seco, con cortos episodios de condiciones semiáridas o húmedas y cálidas (Prieto 1996, Tonni et al. 1999, Zárate et al. 2000, Prieto et al. 2004, Mancini et al. 2005, Quattrochio et al. 2008).

Los registros para Uruguay, indican que desde ***circa*** (***ca***.) 4500 ^{14}C AP hasta ***ca***. 2500 ^{14}C AP. habría predominado un clima sub-húmedo a seco o con una marcada estacionalidad en las precipitaciones (Bracco et al. 2005 a y b, Del Puerto et al. 2006, Inda et al. 2006). Panario y Piñeiro (1997) observan, para la costa atlántica del Uruguay, evidencias de erosión que manifiestan, para ***ca***. el 3000 ^{14}C AP. condiciones más secas y/o de fuerte estacionalidad.

Bracco et al. (2000) interpretan las variaciones isotópicas de la secuencia de valvas monoespecíficas, que testifican la evolución del nivel de la Laguna de Castillos desde el 5500 hasta el 1500 ^{14}C AP, como consecuencia de un incremento del aporte de aguas continentales luego del 2000 ^{14}C AP, denotando el fin del periodo seco anterior y el arribo del clima más húmedo actual. A partir del registro combinado de polen y fitolitos, Iriarte (2006) señala este periodo de mayor aridez entre ***ca***. 6600 AP y algún momento posterior a *ca*. 4000 ^{14}C AP.

A partir del 2000 ^{14}C AP. diversos registros regionales indican un mejoramiento climático, con el pasaje a condiciones más cálidas y húmedas (Del Puerto et al. 2011b). Así lo evidencian las asociaciones faunísticas (Tonni et al. 1999) y los registros de polen de la Pampa argentina (Quattrocchio et al. 2008). Reconstrucciones cuantitativas de la precipitación basadas en secuencias polínicas, muestran valores de precipitación 100 mm superiores a los actuales entre 2000 y 500 años cal AP., sugiriendo condiciones subhúmedas-secas para

el sudeste de la Pampa, mientras condiciones subhúmedas-húmedas similares a las actuales fueron inferidas para el área central (Tonello y Prieto 2009). Evidencias de un episodio cálido en testigos paleolimnológicos del sudeste del Uruguay y en asociaciones de mamíferos en el sur de la Pampa, han sido asignadas al Periodo Cálido Medieval (Tonni et al. 1999, Bracco et al. 2005b, Del Puerto et al. 2011 a y b), el mismo habría tenido lugar en torno al 1000 ^{14}C AP (Clapperton 1993, Iriondo 1999).

A partir del siglo XVI, evidencias de un deterioro climático fueron registradas en las asociaciones mamíferas de la Pampa (Tonni et al. 1999, Iriondo 1999) y en registros paleolimnológicos del sudeste de Uruguay (Bracco et al. 2005 a y b, Del Puerto et al. 2011 a y b) sugiriendo que podrían corresponder con la llamada Pequeña Edad de Hielo, con cronologías entre 800 y 200 14C AP (Iriondo 1999). Coincidentemente, los valores de precipitación estimados para el sudoeste de la Pampa disminuyeron durante los últimos 500 años, sugiriendo condiciones climáticas semiáridas (Tonello y Prieto 2009). Finalmente, crónicas históricas y evidencias geomorfológicas indican condiciones áridas en tiempos post-Hispánicos, con intervalos de incremento de precipitaciones (Politis 1984, Tonni et al. 1999, Deschamps y Tonni 2007, Rabassa 2008).

América del Sur, en comparación con el resto del continente, cuenta con relativamente pocas investigaciones paleoclimáticas, habiéndose centrado las mismas primordialmente en Argentina y Brasil (Behling 1998, 2007, Melo et al. 2003, Moro et al. 2004, Prieto et al. 2004, Mancini et al. 2005). No obstante lo reducido del número de investigaciones, las mismas han sido capaces de identificar una alternancia de fases climáticas húmedas con otras secas desde el Pleistoceno tardío y a través del Holoceno, las cuales responderían a cambios tanto globales como regionales (ver en particular, Melo et al. 2003).

Paleoclima en zonas costeras del Uruguay

La variabilidad climática holocena analizada en los sistemas lacustres de la zona sur y este del país comienza, en la mayoría de los casos analizados, con depósitos sedimentarios atribuibles a una gran transgresión marina (cerca de 6,5 metros por sobre el nivel del mar actual) que originó estos cuerpos de agua (Bracco et al. 2011, Inda 2011). Esta ingresión marina habría ocurrido entre el 7000 y 5000 años 14C AP (Isla 1989, Martin y Suguio 1992).

Los índices climáticos obtenidos a partir de la abundancia relativa de silicofitolitos de células cortas de gramíneas, indican que durante ese lapso imperaron condiciones templadas a cálidas y húmedas (Del Puerto et al. 2011a). A partir de 5200-5000 años ^{14}C AP, comenzó una fase regresiva abrupta (Bracco et al. 2011) acompañada de la instauración de condiciones templadas a frías y sub-húmedas secas o marcadamente estacionales. La disminución de la temperatura y humedad se halla evidenciada por los índices climáticos obtenidos a partir de silicofitolitos de gramíneas, que alcanzan sus máximos valores entre 5200 y 3000 años ^{14}C AP.

A partir del entorno de los 2500 años ^{14}C AP, la situación se revierte completamente, en los sistemas lacustres comienzan a depositarse sedimentos orgánicos, de texturas finas y ricos en nutrientes. Las evidencias geoquímicas y sedimentológicas denotan un cambio hacia condiciones climáticas más cálidas y húmedas. En todos los testigos los índices climáticos indican una transición hacia condiciones templadas a cálidas y húmedas, semejantes a las actuales (Del Puerto et al. 2011 a y b). No obstante, en esa transición hacia las condiciones actuales se registran dos puntos de inflexión (Figura 2.6).

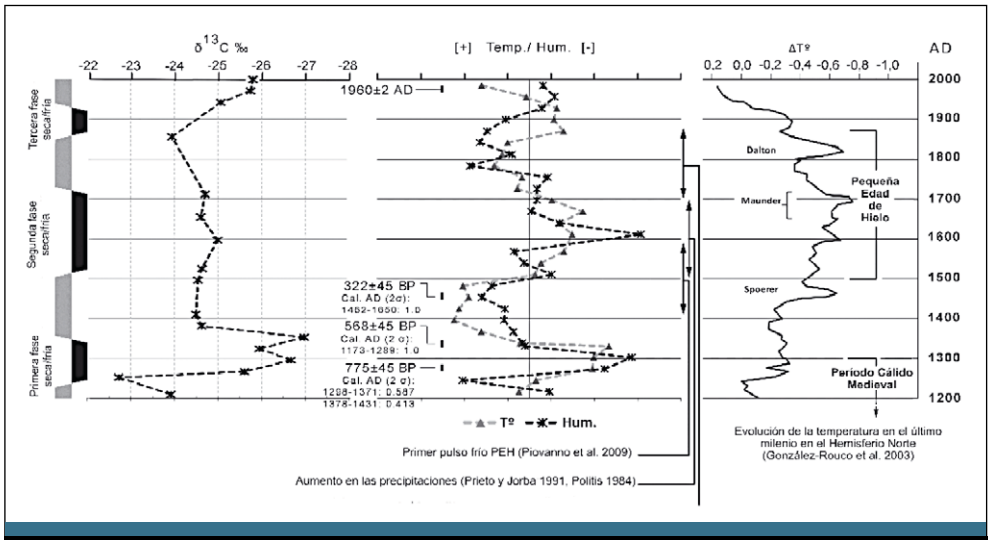


Figura 2.6. Relación entre el registro isotópico de Laguna de Peña, índices climáticos, principales eventos climáticos regionales y modelo climático global para los últimos 2000 años. Fuente: tomado y traducido de Del Puerto et al. 2011b.

El primero, en torno a 1000 años ^{14}C AP, se caracterizó por temperaturas superiores bajo condiciones igualmente húmedas y se correlaciona cronológica y fenomenológicamente con el Periodo Cálido Medieval a escala global (Del Puerto et al. 2011b). Posteriormente, ya en tiempos históricos, se observa un cambio hacia condiciones climáticas más frías y secas, que se habrían extendido hasta tiempos recientes (siglo XIX) y cuyas características y cronología son en todo homologables al periodo conocido como Pequeña Edad de Hielo.

Este último periodo se desarrolló entre el 1500 y el 1900 AD (loc. lat. ***Anno Domini***, en el año del Señor), con tres marcados pulsos fríos y secos acaecidos en 1300AD, 1600AD y1900AD, los cuáles se hallan documentados a nivel local en el testigo de Laguna de Peña (Del Puerto et al. 2011b) así como a escala regional (Piovano et al., 2009, Prieto y Jorba 1991, Politis 1984) y global (González-Rouco et al., 2003).

Consideraciones finales de la evidencia paleoclimática

Los periodos o fases climáticas (Figura 2.7) inferidos para la región denotan una relación significativa con los ciclos Dansgaard-Oeschger y eventos Heinrich (Bond et al., 1999). Los ciclos de Dansgaard-Oeschger (D-O, de aquí en adelante) cuya presencia se ha registrado para al menos los últimos 80 000 años (Dansgaard et al., 1993) poseen una recurrencia del entorno de 1500 años y una duración de alrededor del 20% del lapso entre dos picos. Si bien el mecanismo que los desencadena sigue siendo objeto de debate, existe consenso en que involucra a la corriente de circulación termohalina del Atlántico Norte y se relaciona estrechamente con la cantidad de hielo continental y con los ciclos de actividad solar (Bond et al., 1999). Estos ciclos D-O son considerados inter-estadiales, es decir, los picos máximos se corresponden con condiciones climáticas más cálidas y húmedas. El pico del último evento D-O sería el responsable del periodo conocido como Edad Cálida Medieval, evidenciado por los registros proxy de la Laguna de Peña en Uruguay (Figura 2.6).

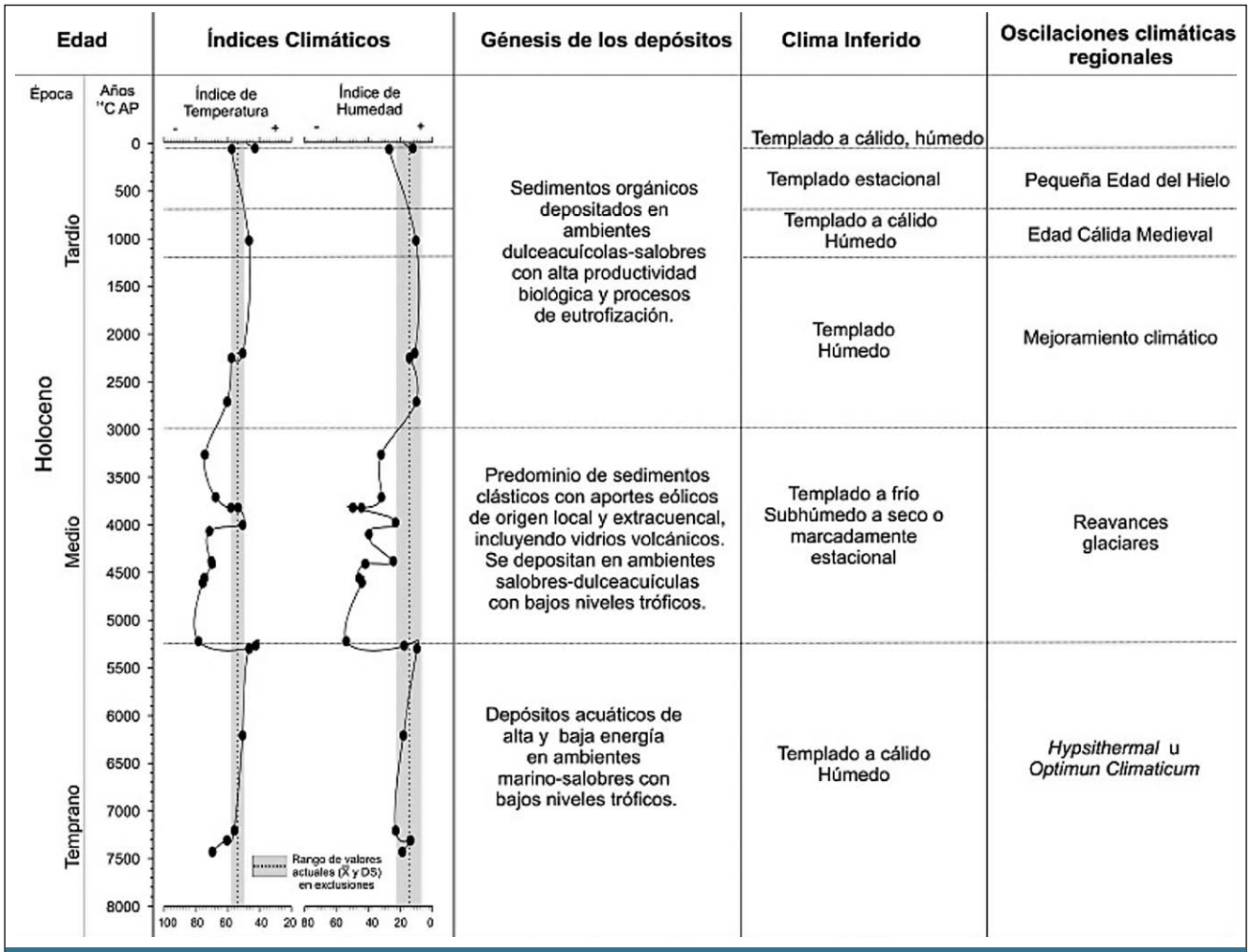


Figura 2.7. Modelo de evolución climática para el Holoceno en el sudeste del Uruguay. Se representan gráficamente las variaciones en los índices de temperatura y humedad registradas en los testigos analizados, considerando únicamente las unidades con dataciones radiométricas e incorporando el rango de valores actuales de referencia. Se esquematizan las principales características de los depósitos analizados y del clima inferido, cotejándolo con los modelos regionales de evolución climática. Fuente: tomado de Del Puerto et al., 2011a.

Los eventos Heinrich son episodios de enfriamiento global que se desarrollan en alternancia con los ciclos D-O. Existe una alta correlación entre los mínimos de actividad solar y el desencadenamiento de estos eventos para los últimos 12 000 años (Bond et al. 2001), comprobado a partir del estudio de ***corers*** de hielo de Groenlandia y del estudio de deriva de icebergs en fondos marinos, así como por la correspondencia entre los mínimos solares Wolfe, Spörer, Maunder y Dalton con los eventos Heinrich para el Holoceno. Es precisamente el mínimo solar Dalton el que habría desencadenado el periodo conocido como Pequeña Edad del Hielo, registrado también en el testigo de Laguna de Peña (Figura 2.6).

Dado el periodo de recurrencia de los ciclos D-O y la relación de éstos y los eventos Heinrich con la actividad solar (debido a su influencia en la temperatura del agua del Atlántico Norte y en la configuración de los grandes casquetes de hielo, Figura 2.8) es

posible determinar que el periodo climático actual se corresponde con un momento post evento Heinrich (última edad de hielo que finalizó en las postrimerías del siglo XIX).

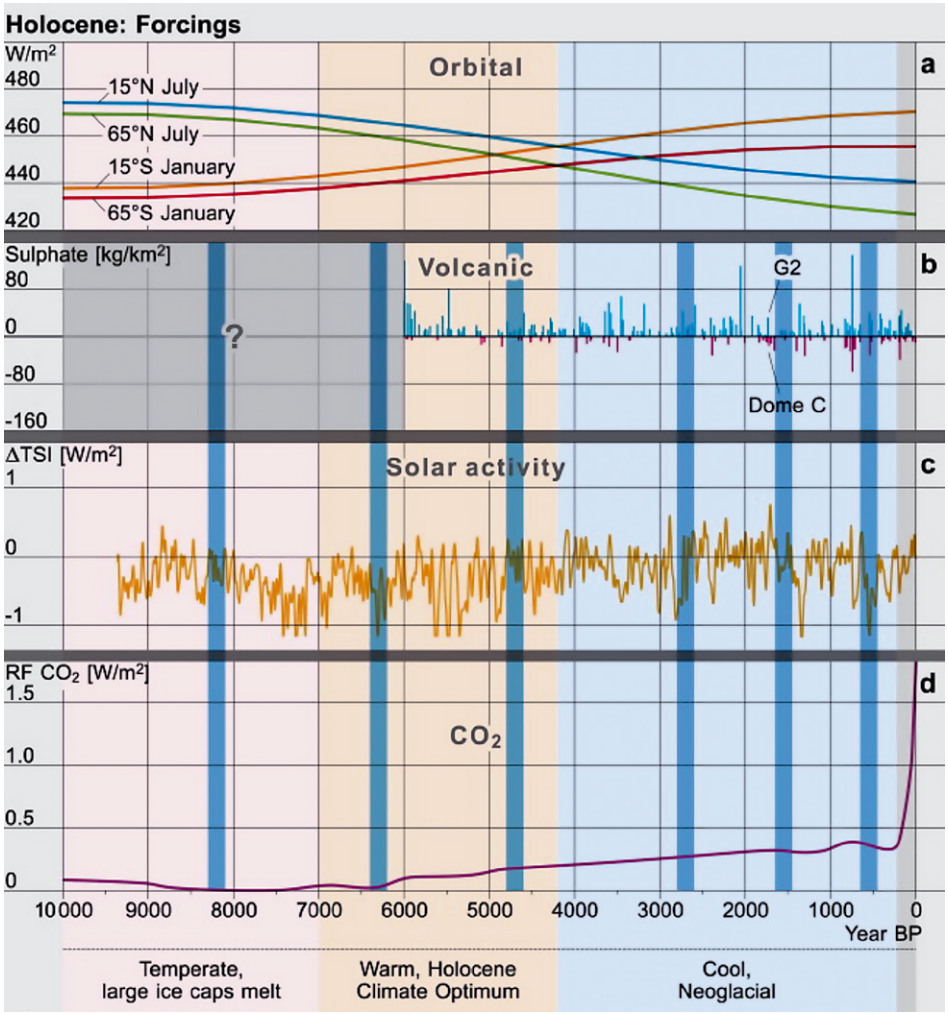


Figura 2.8. Grandes periodos climáticos del Holoceno y su relación con los ciclos de actividad solar, CO2 atmosférico, actividad volcánica y factores orbitales sub-Milankovicht.
Fuente: Wanner et al. 2011.

En función de lo expuesto, asumiendo el periodo actual como parte de un ciclo D-O, las condiciones actuales deberían prevalecer por al menos dos siglos más. Sin embargo, existen dos factores adicionales a tener en cuenta: primero, el contenido de CO_2 atmosférico es muy superior al registrado en todo el Holoceno, por lo que no resulta claro cómo influirá esta variable en la ciclicidad identificada (una posibilidad es la prolongación del periodo inter-estadial). Segundo, la transición o alternancia entre ciclos D-O y eventos Heinrich es, en tiempos geológicos, extremadamente abrupta. Recurriendo a los hallazgos del Hemisferio Norte, el último ciclo D-O (la Edad Cálida Medieval) que permitió que pueblos nórdicos prosperaran estableciendo granjas en Groenlandia fue abruptamente

(pocas décadas) interrumpido por un evento Heinrich asociado al mínimo solar Dalton, el cual "dio por tierra" con la capacidad tecnológica humana para sobrevivir en un ambiente devenido rápidamente en extremo.

Es pertinente tener en mente entonces que, si bien la ciclicidad de estos grandes periodos trasciende largamente la escala generacional humana, lo abrupto de los cambios puede plantear a futuro (en los próximos siglos) un escenario dramáticamente diferente del actual.

2.4. Variabilidad climática en el siglo XX en Uruguay y la región

A continuación se analiza la variabilidad interanual, decadal y tendencias observadas sobre la región durante el periodo de registro instrumental más reciente, con especial énfasis en aquellas variables con mayor impacto en las actividades agronómicas estudiadas.

Precipitación

Los valores medios de precipitación acumulada anual sobre el país se sitúan entre 1200 y 1600 mm durante el periodo estadístico 1980-2009 (INIA, 2010) con los menores valores situados al suroeste (departamento de Colonia) y los máximos al noreste (departamentos de Rivera y Artigas). El gradiente por lo tanto es de suroeste a noreste (ver Figura 2.9).

El régimen de precipitaciones sobre Uruguay tiene características marítimas en la región sudeste (litoral atlántico) y este (cuenca de la Laguna Merín) con un máximo de precipitaciones en el invierno (ver julio en Figura 2.10). El resto del país es una región de transición entre las lluvias de carácter marítimo ya mencionadas y las lluvias veraniegas del interior del continente (ver enero en Figura 2.10) (Prohaska en Schwerdtfeger 1976). Ambas influencias condicionan un ciclo anual con una doble estación lluviosa, un máximo principal en otoño y un máximo secundario en primavera, un mínimo principal en invierno (excepto en el este y sureste) y un mínimo secundario a mitad del verano.

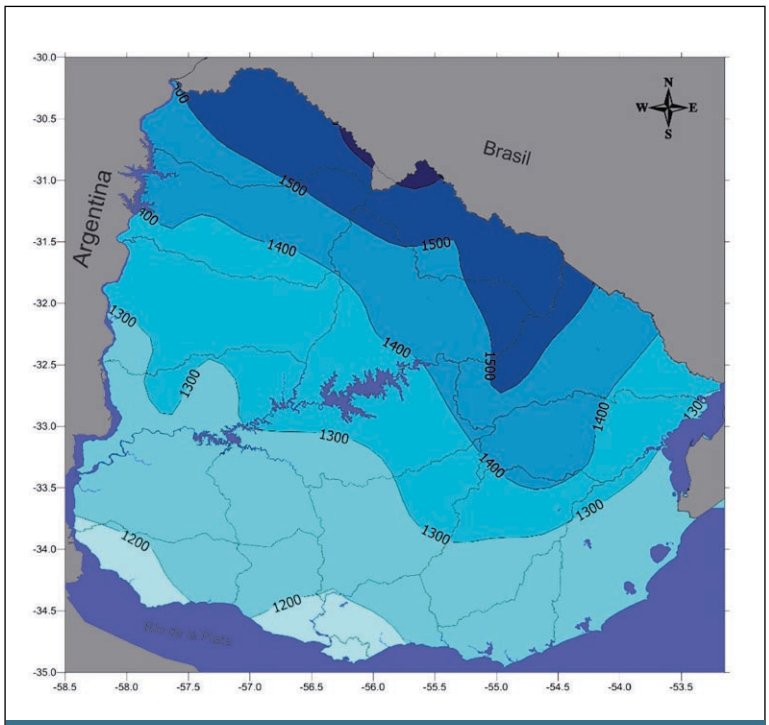


Figura 2.9. Precipitaciones acumuladas anuales medias (1980-2009). Fuente: INIA (2010)

Los valores mensuales de precipitación, registrados en un año particular, se pueden apartar considerablemente de estos promedios, dada la gran variabilidad interanual, tal como se puede observar en la Figura 2.10. En la misma se presentan a modo de ejemplo los percentiles

P10, P33, P66 y P90 de las precipitaciones para los meses centrales de cada estación del año. Esta variabilidad se constata en todos los meses del año aproximadamente con la misma magnitud, registrándose en los años extremos valores mínimos inferiores a 20 mm/mes (ver julio en

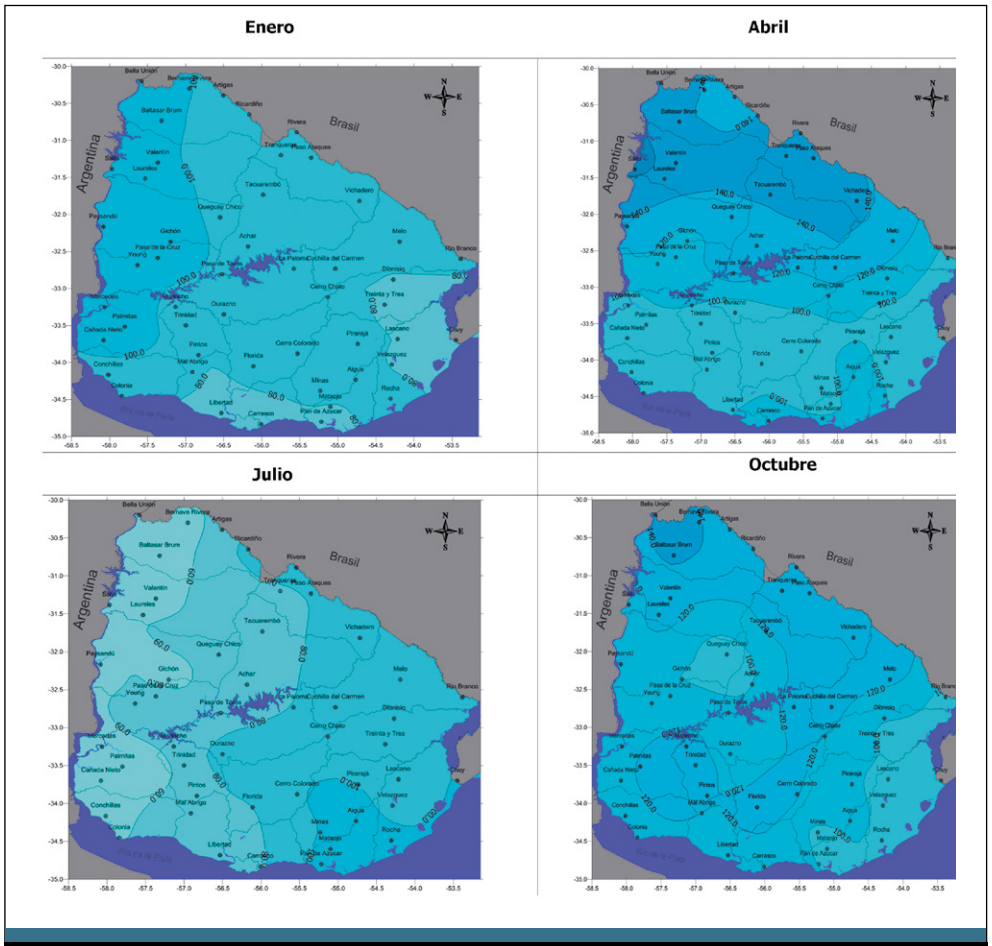


Figura 2.10. Precipitaciones acumuladas medias mensuales en enero, abril, julio y octubre (1980-2009). Fuente: INIA 2010.

Figura 2.10) y máximos superiores, en todos los meses, a los 250 mm/mes (ver Figura 2.10). Al analizar la serie en su conjunto en base a la distribución en terciles, se constata que en los diez años menos lluviosos (inferiores a P33) las precipitaciones mensuales fueron mayormente inferiores a 60-80 mm, mientras que los diez años más lluviosos (mayores a P66) fueron en general mayores a 120-160 mm.

Durante el siglo XX se ha observado sobre la región un cambio sustancial en las precipitaciones hacia mayores valores durante los últimos 30 años. La precipitación experimentó un ascenso durante la década de 1970, el cual se mantuvo durante las décadas de 1980 y 1990. Posteriormente, a finales de la década de 1990, a pesar de que se produce un ligero descenso, la tendencia general ha sido creciente durante el último siglo.

Un análisis detallado de las precipitaciones acumuladas en Paysandú y Carrasco, considerándose una ventana temporal de 55 años confirma las tendencias mencionadas (Figuras 2.11 y 2.12).

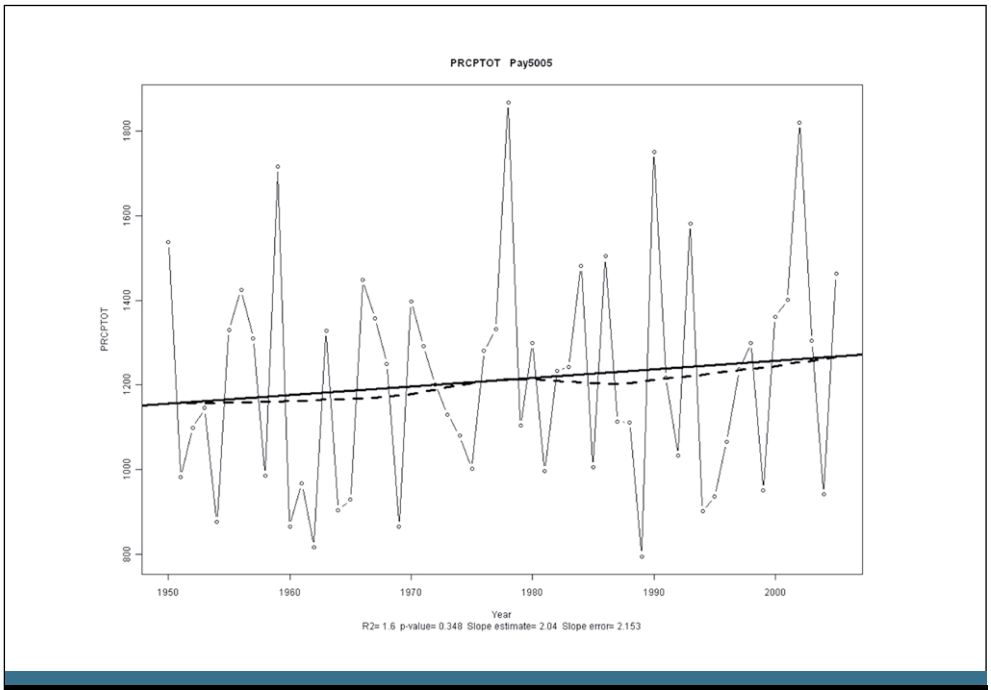


Figura 2.11. Precipitación acumulada anual (mm/año) en Paysandú (1950-2005).

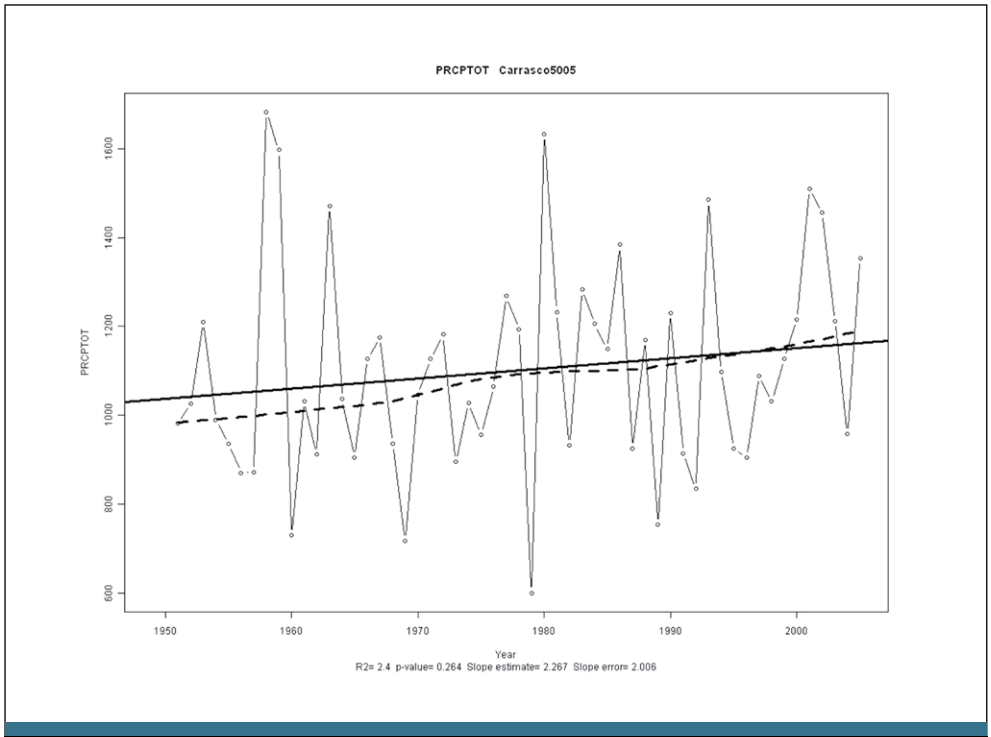


Figura 2.12. Precipitación acumulada anual (mm/año) en Carrasco (1950-2005).

La frecuencia de precipitaciones intensas se ha incrementado en Uruguay, al menos desde la década de 1950. Desde entonces, por ejemplo, el número de casos registrados con precipitaciones superiores a los 25 mm en 24 horas ha aumentado tanto en Paysandú como en Carrasco (ver Figuras 2.13 y 2.14) y lo mismo ha ocurrido con las precipitaciones intensas en Argentina, si se consideran umbrales de 50, 100 o 150 mm en 48 horas (Barros, 2004).

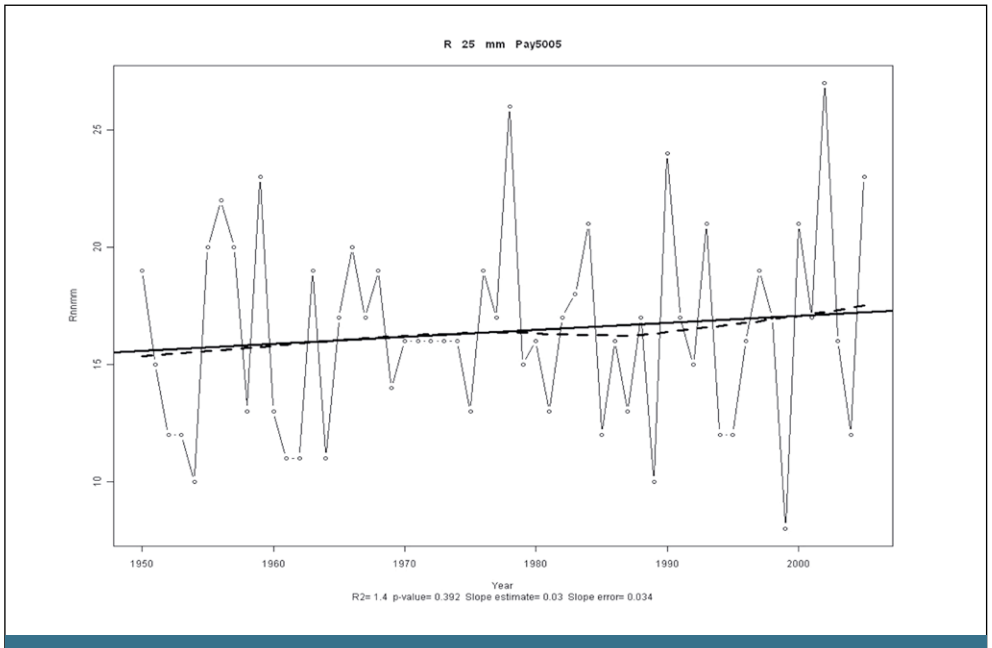


Figura 2.13. Número de días con lluvias acumuladas mayores a 25 mm en Paysandú.

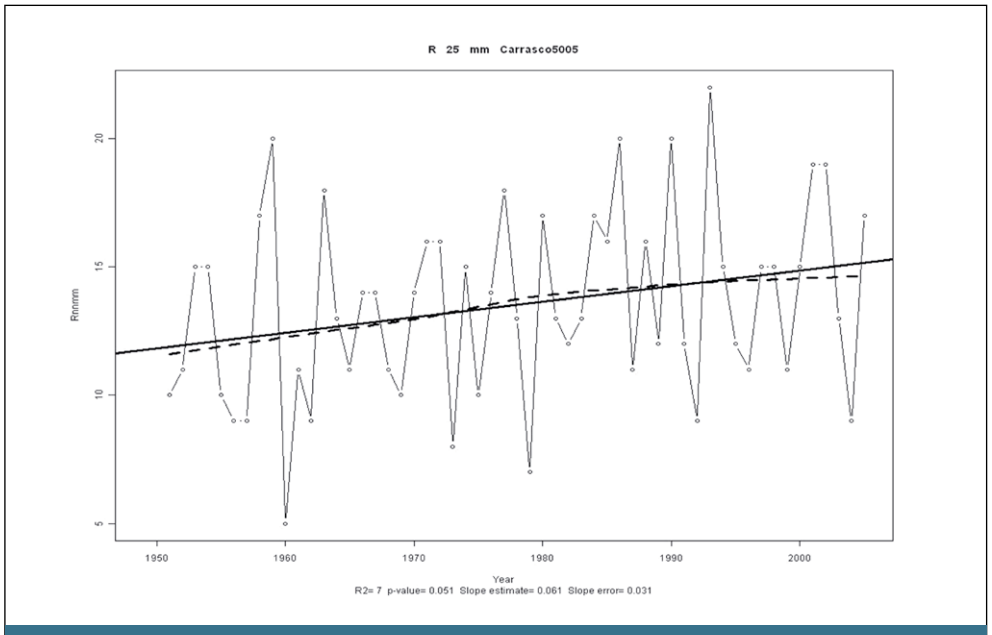


Figura 2.14. Número de días con lluvias acumuladas mayores a 25 mm en Carrasco.

La mayor frecuencia de precipitaciones intensas ha sido observada también en el sur de Brasil donde las fuertes lluvias se han incrementado significativamente (Xavier et al. 1992 y 1994), especialmente en verano. Esto parece formar parte de una tendencia global vinculada al aumento de las concentraciones de los gases de efecto invernadero. Este aumento conduciría a un calentamiento en las capas bajas de la atmósfera favoreciendo el mayor contenido de vapor de agua y a un gradiente vertical más inestable como consecuencia del enfriamiento estratosférico. Ambos cambios, más inestabilidad vertical y mayor contenido de vapor de agua, tienden a facilitar el desarrollo de los procesos que generan precipitaciones intensas.

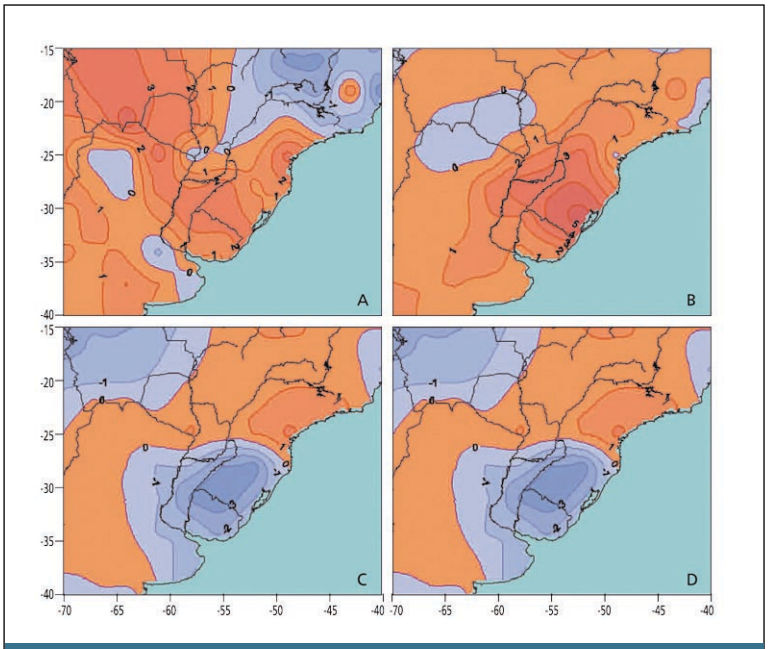


Figura 2.15. Cambio de la precipitación expresado en mm/año, para el periodo 1961-2000. A: Verano, B: Otoño, C: Invierno, D: Primavera. Fuente: Barros 2006.

Las tendencias en la precipitación no se han distribuido equitativamente a lo largo del año.

De acuerdo a la Figura 2.15, la mayor parte de las tendencias positivas se encuentran en verano y en otoño, mientras que las negativas —de menor magnitud, en color azul en el gráfico— suceden durante la primavera sobre Brasil y durante el invierno sobre Uruguay, sur de Brasil y Buenos Aires. Las tendencias positivas en la precipitación durante otoño afectaron la cuenca del Alto Paraná después de 1980.

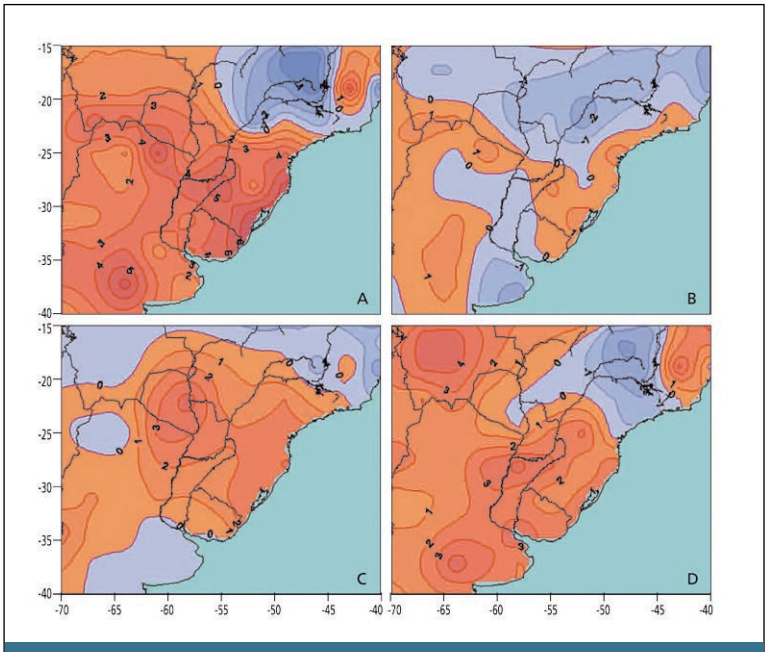


Figura 2.16. Tendencias en la precipitación para 1961-2000 en mm/año: a) precipitación anual, b) contribución de La Niña , c) contribución de El Niño y d) contribución en años neutros. Fuente: Barros 2006.

De igual manera que las tendencias en la precipitación no están distribuidas uniformemente a lo largo del año, también presentan diferencias con respecto al ENOS. La cuenca del Río de la Plata posee un clima templado que exhibe una fuerte señal de variabilidad inter-anual de las precipitaciones y de eventos extremos, frecuentemente asociado al fenómeno ENOS. El ciclo del ENOS es la principal fuente de la variabilidad interanual en el sur de América del Sur. Debido a que los eventos El Niño se han intensificado durante las últimas décadas, las tendencias de la precipitación se muestran en forma separada para años Niño, Niña y neutros (Figura 2.16).

Las tendencias positivas sobre Paraguay se han originado en períodos de El Niño, mientras que las de Buenos Aires y La Pampa se deben a las tendencias en años neutros, mientras que en las provincias del Litoral (o Mesopotamia) argentino se deben a ambas fases. La tendencia positiva se observa entre 20° y 40° S al Este de la cordillera de Los Andes. La contribución de El Niño a esta tendencia se produjo en la región

que va desde Paraguay, noreste de Argentina hasta Río Grande. Hacia el sur del continente, la contribución a la tendencia de El Niño es cercana a cero, mientras que los años neutros parecen ser los que aportaron la mayor parte de la tendencia positiva. Además, la tendencia de los años neutros contribuyó al máximo espacial en la zona de la triple frontera entre Paraguay, Brasil y Argentina. También se puede notar que en los períodos Niña la tendencia es cercana a cero en todas partes. En otras palabras, las mayores contribuciones a las tendencias de precipitación se encuentran durante años Niño o neutros, pero no en años Niña.

Temperatura

La temperatura media anual sobre Uruguay es de unos 17,7°C, variando desde unos 19,8 °C en la zona noroeste (Bella Unión) hasta unos 16,6°C en la costa sur del país. Las isotermas tiene una orientación general del sur al noreste (ver Figura 2.17).

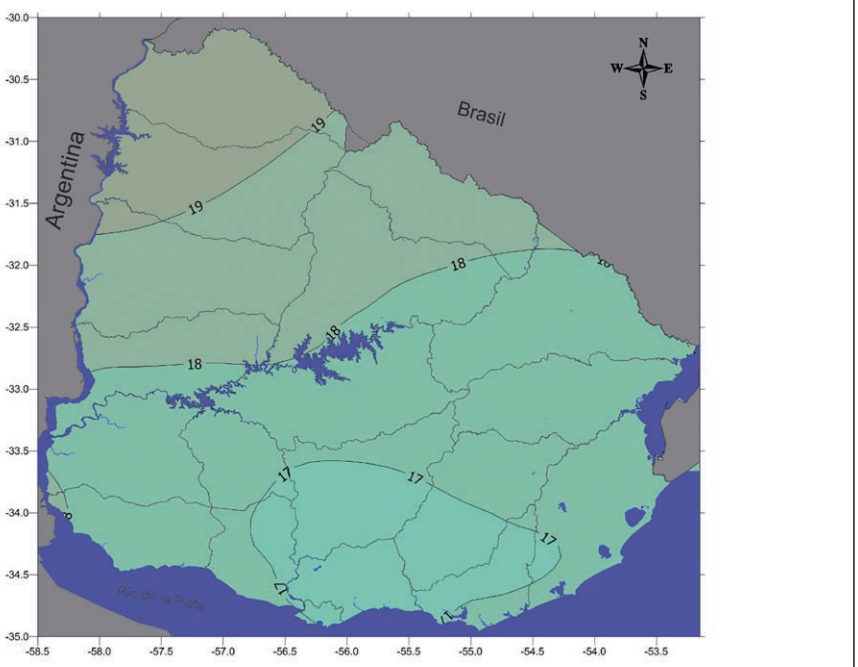


Figura 2.17. Temperatura media anual (1980-2009). Fuente: INIA (2010).

Las temperaturas medias más altas se presentan en los meses de enero y febrero y las más bajas en junio y julio, de acuerdo a la región. Los promedios nacionales de las temperaturas extremas anuales del aire se caracterizan por una temperatura máxima media de 22,6°C y una mínima media de 12,9°C (Figura 2.18).

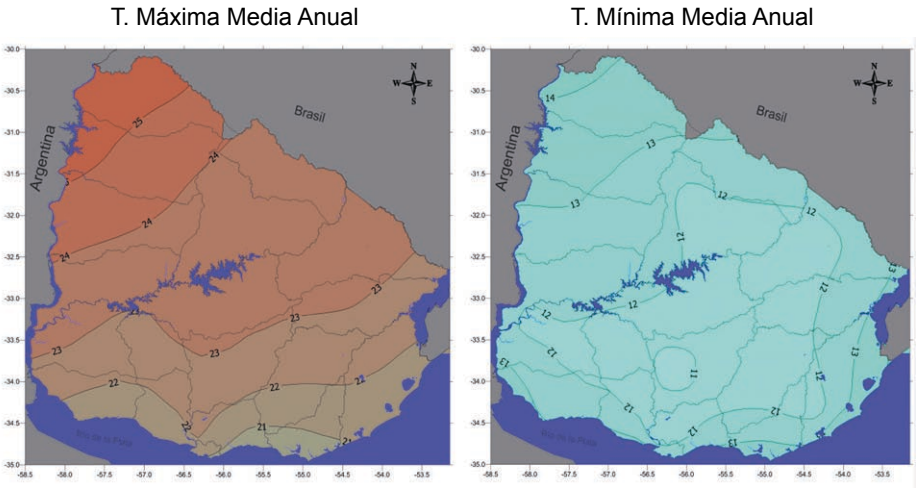


Figura 2.18. Temperatura máxima y mínima media anual (1980-2009). Fuente: INIA (2010).

Las temperaturas extremas medias del aire sobre el país presentan durante todo el año un gradiente creciente de sur a norte de unos 5°C para las máximas medias y de unos 4°C para las mínimas medias. Se observa como hecho característico un núcleo frío de las temperaturas mínimas medias ubicado al centro-sur del país, sobre los departamentos de Florida, Durazno y norte de Canelones, que son más importantes durante la época fría del año.

El mes más cálido es enero y el más frío es julio, tal como se puede observar en la Figura 2.19. En el mes más cálido (enero) el promedio de las temperaturas registradas en el país es de 24°C para las medias, 29,6°C para las máximas y 18,5°C para las mínimas. Mientras que durante el mes más frío (julio) el promedio de las temperaturas registradas en la región se sitúa en 11,6°C para las medias, 15,8°C para las máximas y 7,3°C para las mínimas.

La evolución de la temperatura anual en el periodo 1901 a 2000 muestra también una tendencia creciente sobre el periodo completo (ver Figura 2.20), configurándose un crecimiento de las temperaturas medias anuales de aproximadamente 0.8° C durante el último siglo. Se observa que este incremento es sostenido desde finales de la década de 1970 hasta el presente, habiéndose registrado los máximos históricos durante los últimos cinco años.

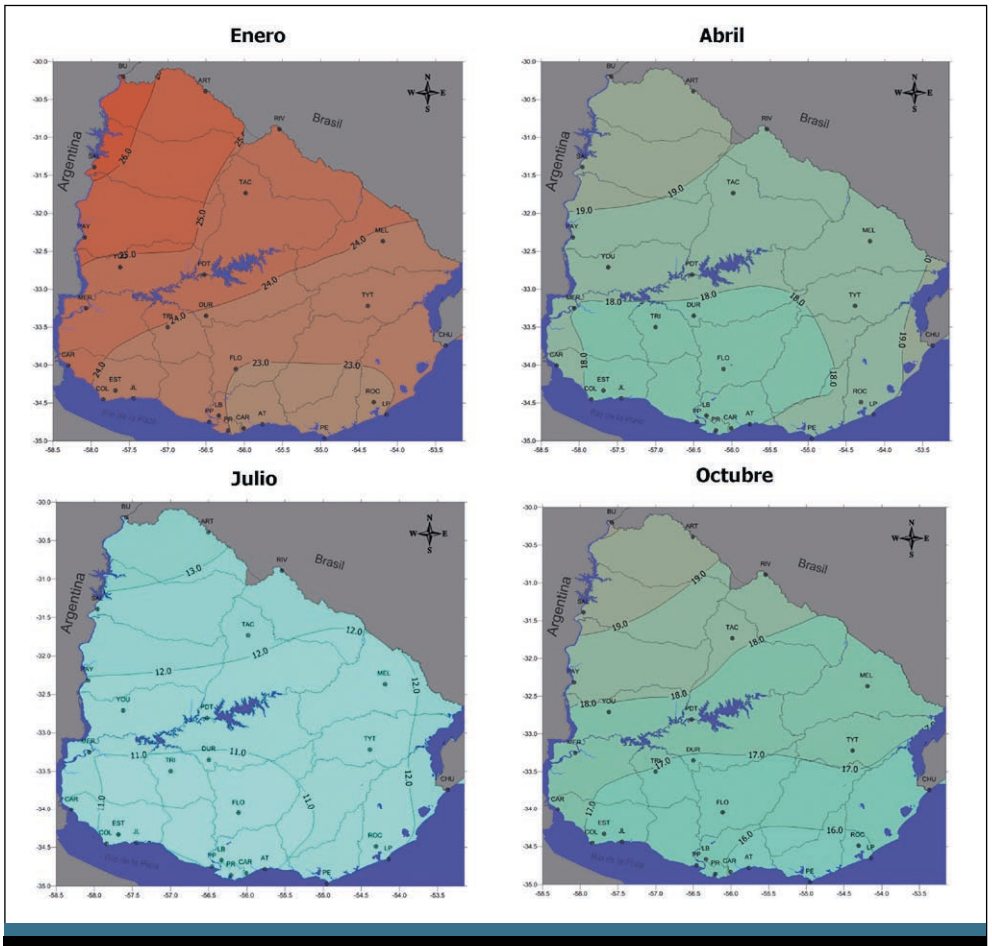


Figura 2.19. Temperaturas medias en enero, abril, julio y octubre (1980-2009). Fuente: INIA (2010).

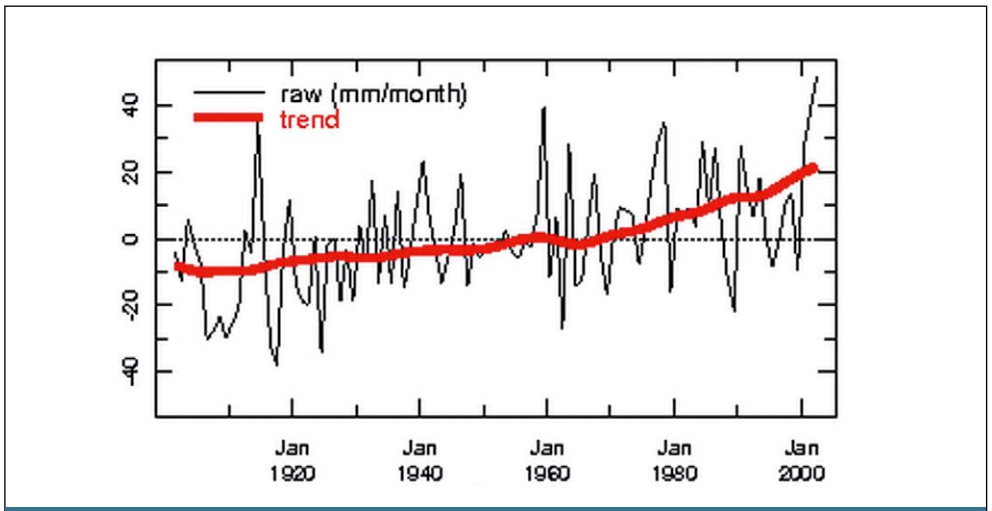


Figura 2.20. Evolución de las temperaturas anual entre 1901 y 2000 en el registro instrumental de Uruguay.

Heladas

Se denomina helada agro-meteorológica cuando la temperatura mínima del césped es menor a cero grado. Por causa de la variación interanual de la temperatura, existe un periodo en el cual se manifiestan típicamente sobre nuestro país, normalmente entre el 1° de mayo y el 31 de octubre. A causa de que la temperatura mínima del césped es una variable de escaso registro en el país y, a su vez, con series incompletas, se realizó un ajuste para poder estimarla (ver detalle en INIA 2010).

Los números del mapa de heladas agro-meteorológicas (o sobre césped) indican un núcleo frío o de máximo en centro del país y uno más cálido o mínimo hacia la franja costera, como se aprecia en la Figura 2.21.

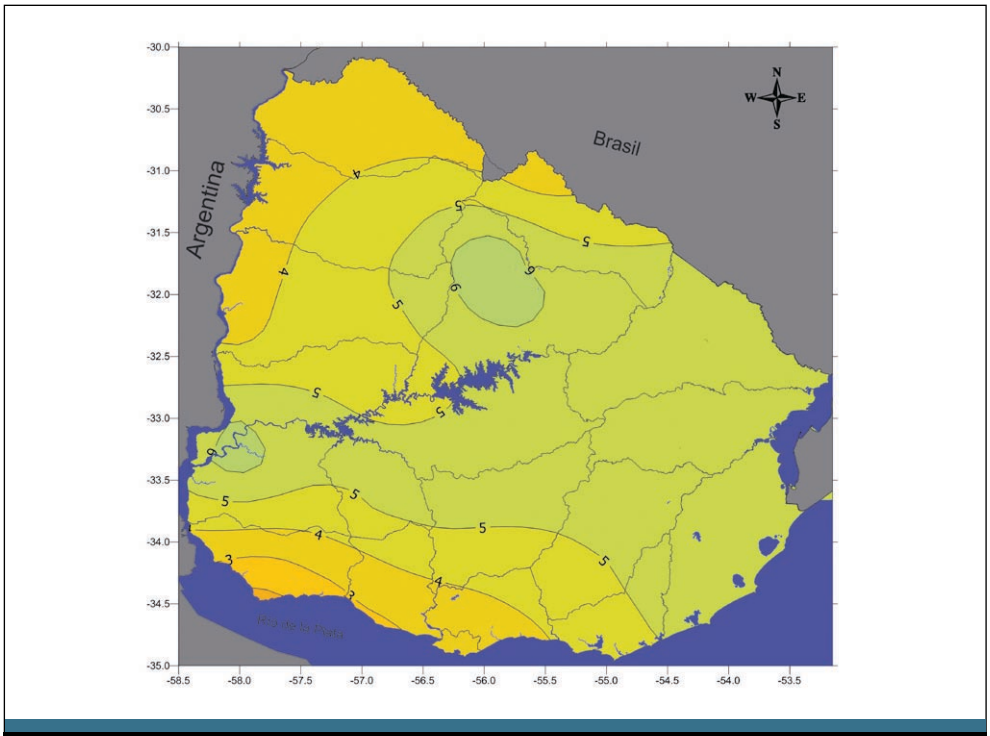


Figura **2.21**. Media anual de días con helada (Mayo-Octubre 1980-2009). Fuente: INIA (2010).

La distribución del régimen de heladas para la totalidad del país presenta un comportamiento diferencial según el mes y la zona (Figura 2.22). Para destacar, de manera general existe una máxima cantidad de días con heladas durante el mes de julio por encima de seis días, localizándose en la zona centro-litoral, mientras que el mes de octubre presenta los menores registros por debajo de un día para casi la totalidad del país.

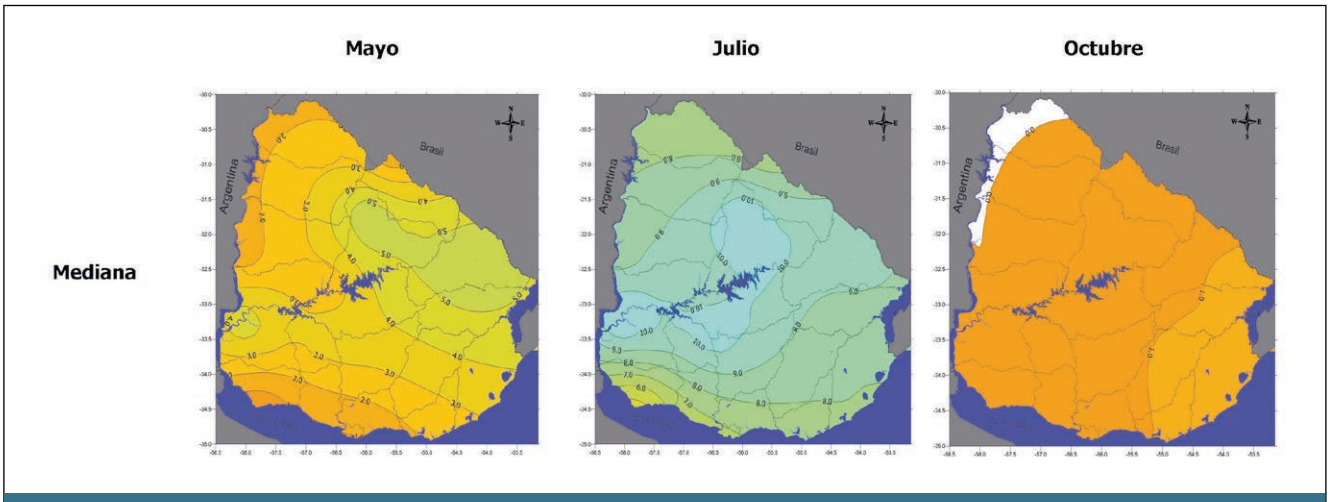


Figura 2.22. Días con helada, mediana mensual de mayo, julio y octubre (1980-2009). Fuente: INIA (2010)

2.5. Eventos climáticos de interés para el sector productivo

Los eventos climáticos destacados por los expertos consultados fueron: sequía, déficit y exceso hídrico, heladas, inducción de frío y olas de calor. La sequía fue considerada el evento más importante desde el punto de vista de las consecuencias adversas sobre el sistema productivo, independiente del sector considerado. De acuerdo a los expertos consultados, la frecuencia e intensidad de este evento climático ha aumentado en frecuencia e intensidad en las últimas décadas.

A diferencia de las tendencias generales del registro instrumental anteriormente analizadas, las cuales provienen mayoritariamente de diversas investigaciones e informes técnicos previos, la información presentada a continuación ha sido calculada especialmente a los fines de este proyecto. Para cada una de las variables climáticas se muestran, reunidos en una tabla, los resultados del porcentaje de varianza del componente proyectado sobre el calentamiento medio del globo (Var), el nivel de significación del test de Kendall-Mann (Sig. Kendall-Mann) y el coeficiente de ajuste lineal (Coef. L.) de todas las estaciones meteorológicas disponibles.

Con el fin de agilizar la lectura de las tablas, se indican en azul y rojo oscuro las localidades con tendencias de Kendall-Mann significativas (valores ≤ -90 o ≥ 90) y en azul y rojo claro los valores no significativos. En negrita se indican las localidades con máxima tendencia positiva (creciente) y máxima tendencia negativa (decreciente). Las tonalidades de azul refieren a tendencias hacia condiciones más húmedas y frías (ej. tendencias negativas de Déficit y de NT90, tendencias positivas de Precipitación y de Días con helada) mientras que las tonalidades de rojo refieren a tendencias hacia condiciones más secas y cálidas (ej. tendencias positivas de Déficit y de NT90, tendencias negativas de Precipitación y de Días con helada). A continuación de cada tabla, se presentan para las localidades con máxima tendencia positiva y máxima tendencia negativa según el test de Kendall-Mann, las figuras descritas como salidas gráficas.

Precipitación acumulada

Octubre-febrero

Se observan tendencias positivas de Precipitación acumulada para el periodo de primavera-verano en todas las estaciones meteorológicas, siendo la mayoría de las tendencias significativas según el test de Kendall-Mann (Tabla 2.5).

Tabla 2.5. Resultados para la variable Precipitación acumulada (periodo octubre – febrero).

	Art.	Salto	Rivera	Pays.	Melo	P. de T.	Merc	TyT	Col.	Roc.	Car.
VAR (%)	4,40	8,00	1,50	5,60	14,60	7,60	17,80	10,60	12,50	19,40	4,50
SIG. KENDALL	74,17	94,80	68,80	92,11	100,00	99,35	100,00	99,99	99,91	100,00	91,95
COEF. L. (mm/año)	2,32	2,98	1,89	2,16	3,62	2,77	4,24	3,70	2,80	2,99	1,84

Las mayores tendencias positivas se observaron en Melo, Mercedes y Rocha, mientras que la menor tendencia positiva (ausencia de tendencias negativas) se documentó en Rivera (Tabla 2.5, Figura 2.23).

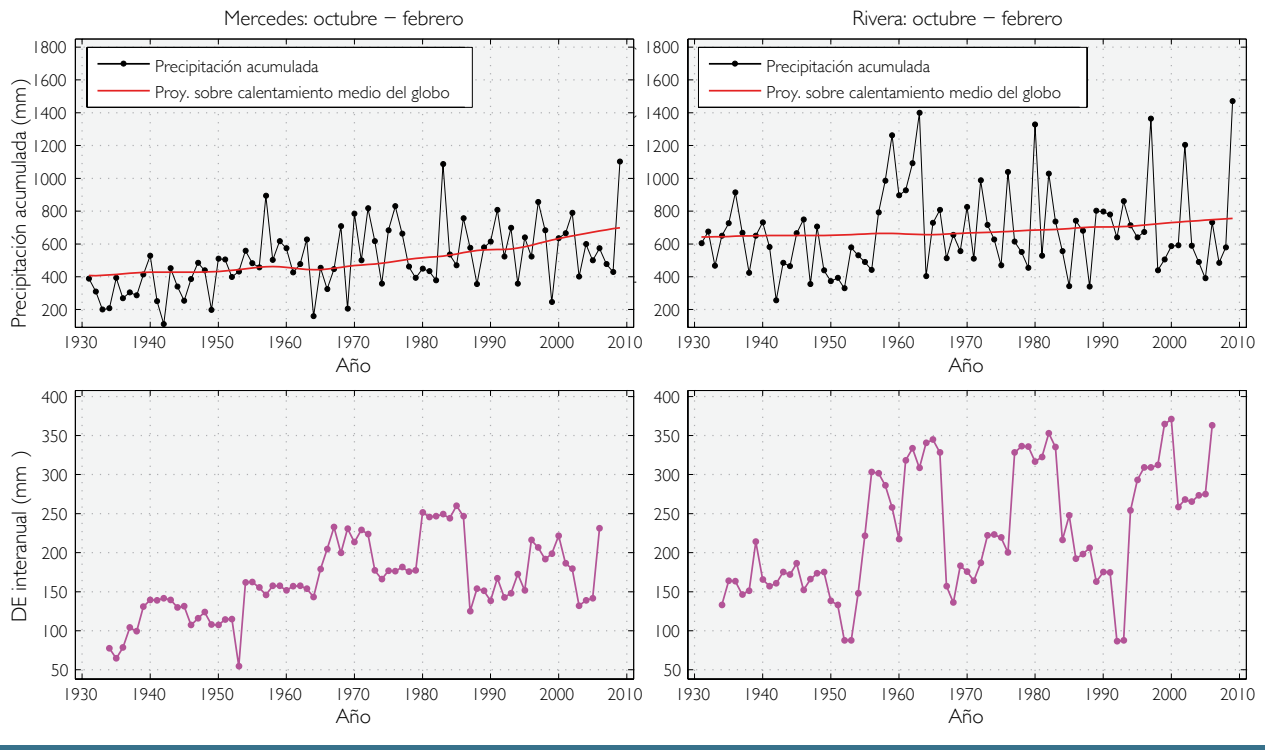


Figura 2.23. Series de Precipitación acumulada, proyección sobre el calentamiento del globo y desviación estándar interanual (variabilidad interanual) para el periodo de octubre -febrero en las localidades de Mercedes y Rivera.

Las localidades con máximas tendencias crecientes presentaron porcentajes relativamente altos de varianza explicados por el componente proyectado sobre el calentamiento medio del globo (entre ≈ 15 y 20%) y altos coeficientes de ajuste lineal (entre ≈ 3 y 4 mm/año), aunque esto también se cumple para otras localidades (Tabla 2.5). Para el caso de Mercedes (localidad con el coeficiente más alto) el ajuste lineal habla de un aumento promedio de precipitación acumulada de 4,24 mm por año, al considerar el periodo octubre–febrero (Tabla 2.5). Tanto en Mercedes como en Rivera parece observarse una tendencia de aumento de la variabilidad (desviación estándar) interanual (Figura 2.23).

Enero-mayo

Al igual que para el periodo de primavera-verano, en verano-otoño se observan tendencias positivas en todas las estaciones meteorológicas aunque hay menos localidades con tendencias significativas (Tabla 2.6).

Tabla 2.6. Resultados para la variable Precipitación acumulada (periodo enero – mayo).

	Art.	Salto	Rivera	Pays.	Melo	P. de T.	Merc	TyT	Col.	Roc.	Car.
VAR (%)	0,80	1,90	1,60	3,60	12,00	3,30	9,20	9,70	6,30	19,00	5,40
SIG. KENDALL	53,54	69,72	97,65	81,10	99,67	87,17	99,92	98,90	97,96	99,98	86,45
COEF. L. (mm/año)	1,30	1,27	1,91	1,33	2,50	1,80	2,98	2,67	1,76	2,73	2,03

La máxima tendencia positiva se registró en Rocha, localidad que contó con un alto porcentaje de varianza explicada por el componente proyectado sobre el calentamiento medio del globo (≈ 20%) y uno de los más altos coeficientes de tendencia lineal (≈ 3 mm/año). La menor tendencia positiva se documentó en Artigas, lugar en el que se observó además, una tendencia de aumento de la variabilidad interanual (Tabla 2.6, Figura 2.24).

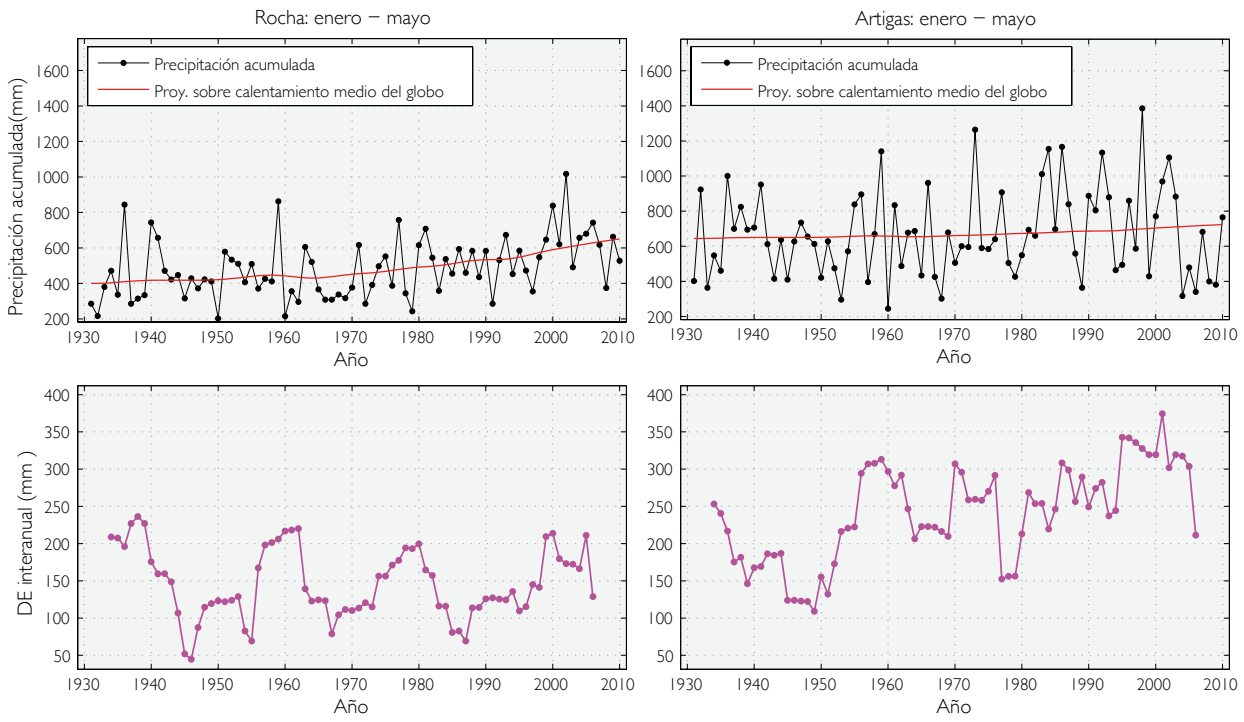


Figura 2.24. Series de Precipitación acumulada, proyección sobre el calentamiento del globo y desviación estándar interanual para el periodo enero-mayo en las localidades de Rocha y Artigas.

Abril-mayo

En el periodo abril-mayo se mantiene el patrón de tendencias positivas de Precipitación acumulada en todas las localidades, pero al igual que para enero-mayo, con menor número de tendencias significativas si se compara con el periodo octubre-febrero. (Tabla 2.7).

Tabla 2.7. Resultados para la variable Precipitación acumulada (periodo abril – mayo).

	Art.	Salto	Rivera	Pays.	Melo	P. de T.	Merc	TyT	Col.	Roc.	Car.
VAR (%)	0,40	0,90	0,90	3,30	7,40	2,20	2,30	5,20	0,10	3,90	1,70
SIG. KENDALL	60,30	86,40	97,90	85,30	98,50	88,80	94,20	94,10	15,80	98,49	90,80
COEF. L. (mm/año)	0,35	0,70	0,72	0,91	1,37	0,95	0,90	1,06	0,24	0,94	1,07

La máxima tendencia positiva se registró en Melo mientras que la menor tendencia se observó en Colonia. En Melo además se observa una tendencia creciente en la variabilidad interanual a partir de la década de 1960 (Figura 2.25). A diferencia de los periodos de primavera-verano y verano-otoño, se registran asociadas a las localidades con mayores tendencias significativas, valores relativamente bajos de porcentaje de varianza explicada y del coeficiente de ajuste lineal (Tabla 2.7).

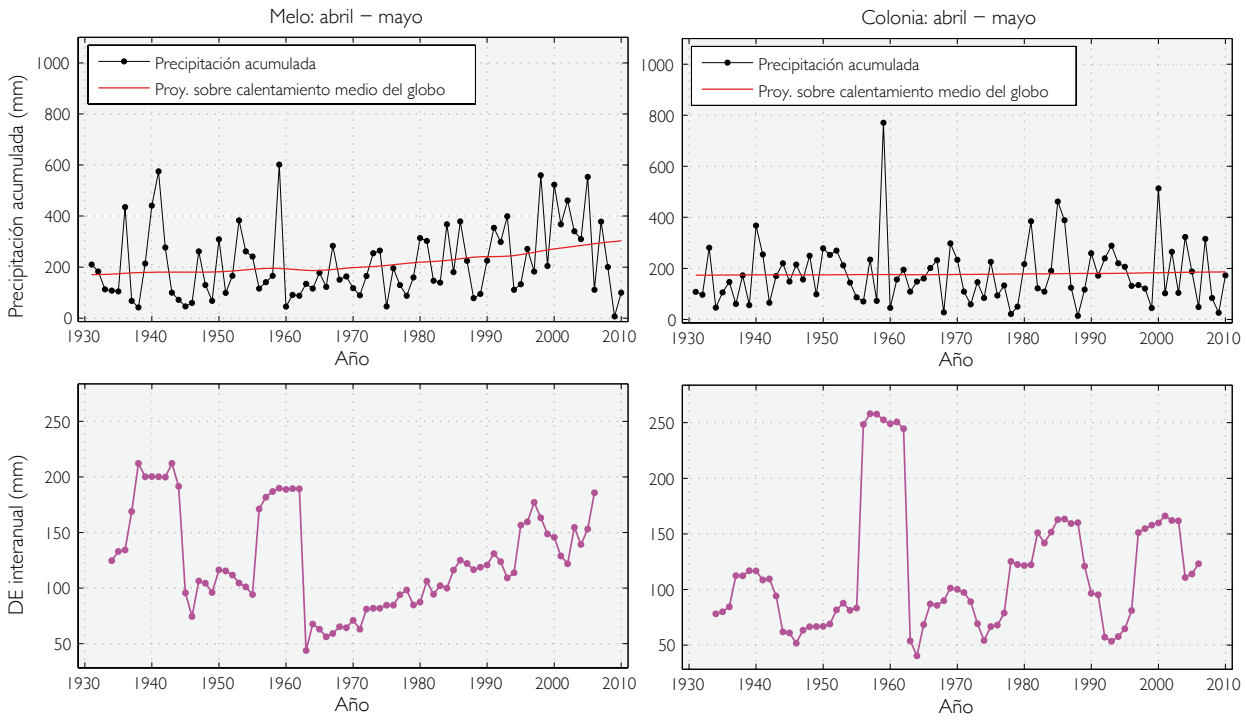


Figura 2.25. Series de Precipitación acumulada, proyección sobre el calentamiento del globo y desviación estándar interanual para el periodo abril-mayo en las localidades de Melo y Colonia.

Octubre-noviembre

De manera similar que para el periodo de octubre-febrero, se observan tendencias positivas significativas para la mayoría de las localidades. Sin embargo, en comparación al periodo de primavera-verano, se registran, asociadas a las localidades con mayores tendencias significativas, porcentajes relativamente bajos de varianza explicada y menores coeficientes de ajuste lineal (Tabla 2.8).

Tabla 2.8. Resultados para la variable Precipitación acumulada (periodo octubre – noviembre).

	Art.	Salto	Rivera	Pays.	Melo	P. de T.	Merc	TyT	Col.	Roc.	Car.
VAR (%)	2,80	7,20	0,40	2,70	8,20	3,30	5,90	4,00	1,40	9,60	3,00
SIG. KENDALL	66,30	97,20	40,00	92,00	96,40	94,20	99,20	98,20	89,00	99,80	94,10
COEF. L. (mm/año)	0,85	1,44	0,53	0,93	1,30	1,00	1,21	1,07	0,82	1,21	1,39

La tendencia creciente más importante se registró en Rocha mientras que la menor tendencia creciente se observó en Rivera (Figura 2.26).

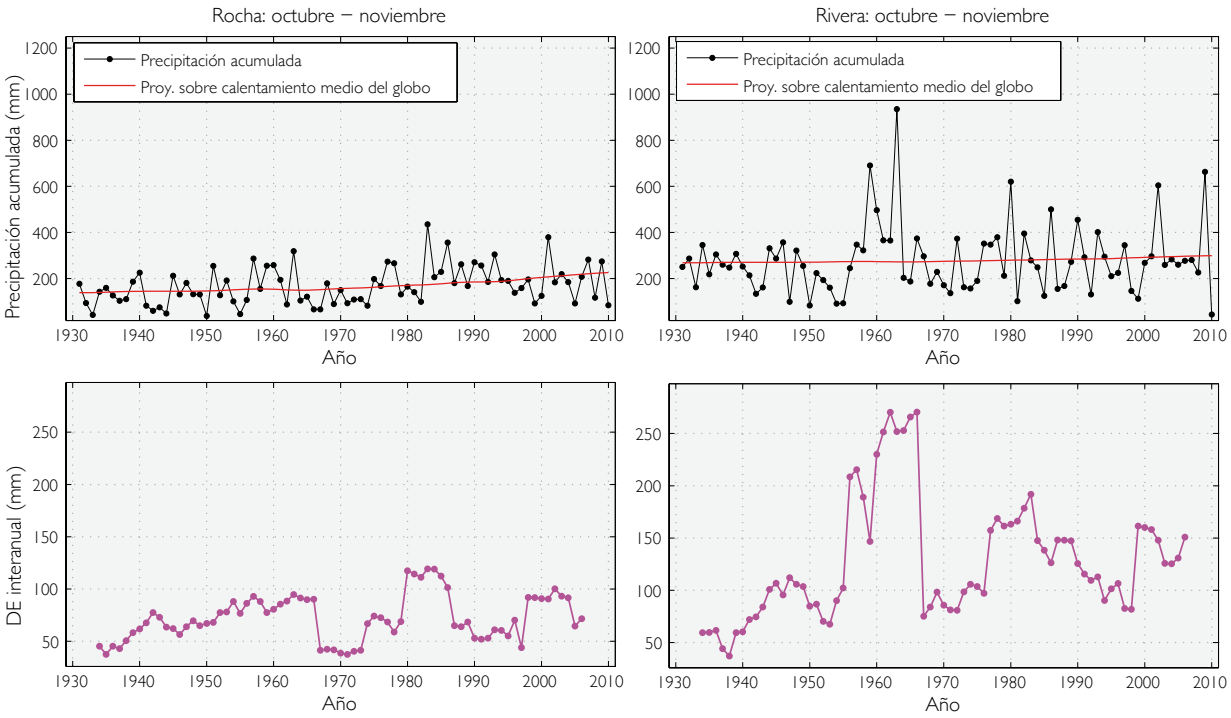


Figura 2.26. Series de Precipitación acumulada, proyección sobre el calentamiento del globo y desviación estándar interanual para el periodo octubre-noviembre en las localidades de Rocha y Rivera.

Evaporación Tanque A acumulada

Octubre-febrero

A diferencia de lo que ocurre con la variable Precipitación acumulada, las series de Evaporación del Tanque A muestran una importante heterogeneidad espacial si se considera el periodo de primavera-verano, observándose tendencias positivas en localidades del norte y este y negativas en localidades del sur y oeste del país (Tabla 2.9). Se registraron tendencias positivas de evaporación para las localidades de Salto, Tacuarembó y Treinta y Tres, esta última es la más significativa. La localidad de Las Brujas, ubicada en Canelones, presentó una tendencia negativa significativa asociada a valores elevados de varianza explicada (≈20%) y de tasa de cambio según la tendencia lineal (≈-5 mm/año) (Tabla 2.9 y Figura 2.27).

Tabla 2.9. Resultados para la variable Evaporación Tanque A acumulada (periodo octubre – febrero).

	Est.	LB	Salto	Tac.	TyT
VAR (%)	0,40	19,80	0,40	1,90	11,50
SIG. KENDALL	-18,56	-99,86	60,67	57,27	99,68
COEF. L. mm/año)	0,40	-4,76	0,82	1,24	3,95

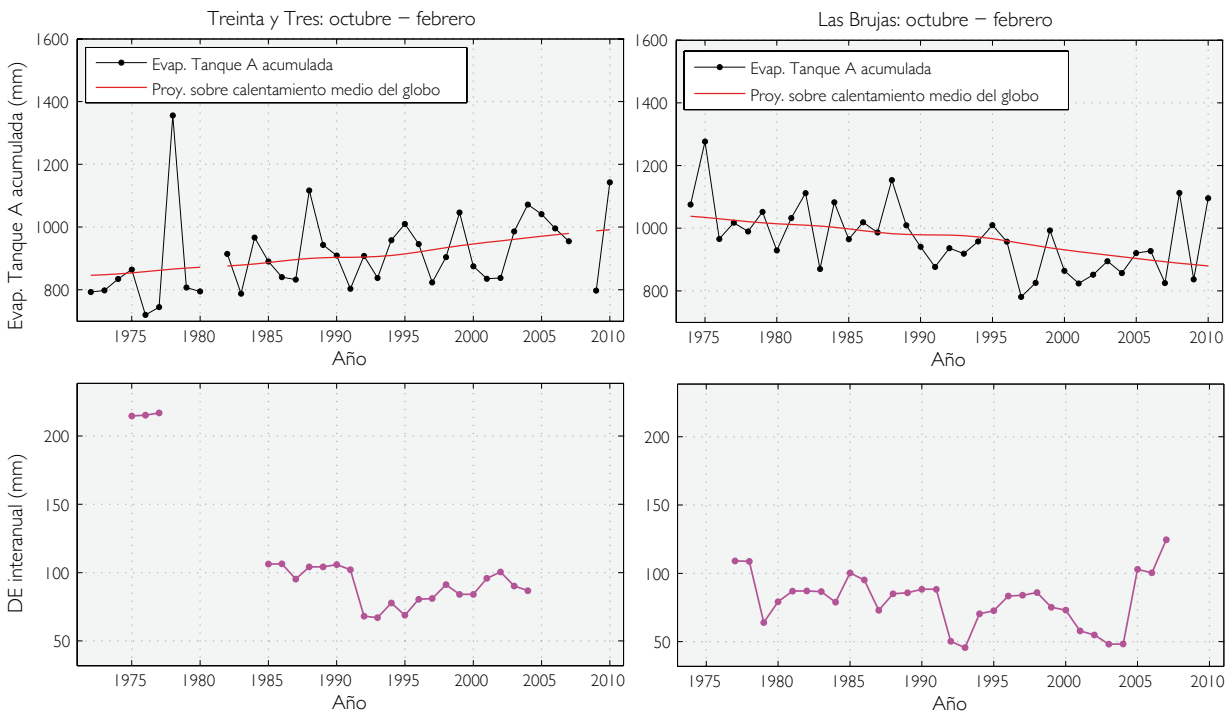


Figura 2.27. Series de Evaporación Tanque A acumulada, proyección sobre el calentamiento del globo y desviación estándar interanual para el periodo octubre-febrero en las localidades de Treinta y Tres y Las Brujas.

Enero-mayo

Para el periodo enero-mayo se observa el mismo patrón que para el periodo octubre-febrero (Tabla 2.10). Treinta y Tres y Las Brujas (Canelones) son otra vez las localidades con mayor tendencia positiva y negativa respectivamente (Figura 2.28).

Tabla 2.10. Resultados para la variable Evaporación Tanque A acumulada (periodo enero-mayo).

	Est.	LB	Salto	Tac.	TyT
VAR (%)	1,20	13,10	2,00	0,20	3,10
SIG. KENDALL	-9,35	-98,39	77,49	36,00	98,01
COEF. L.(mm/año)	0,73	-3,06	1,30	0,07	2,21

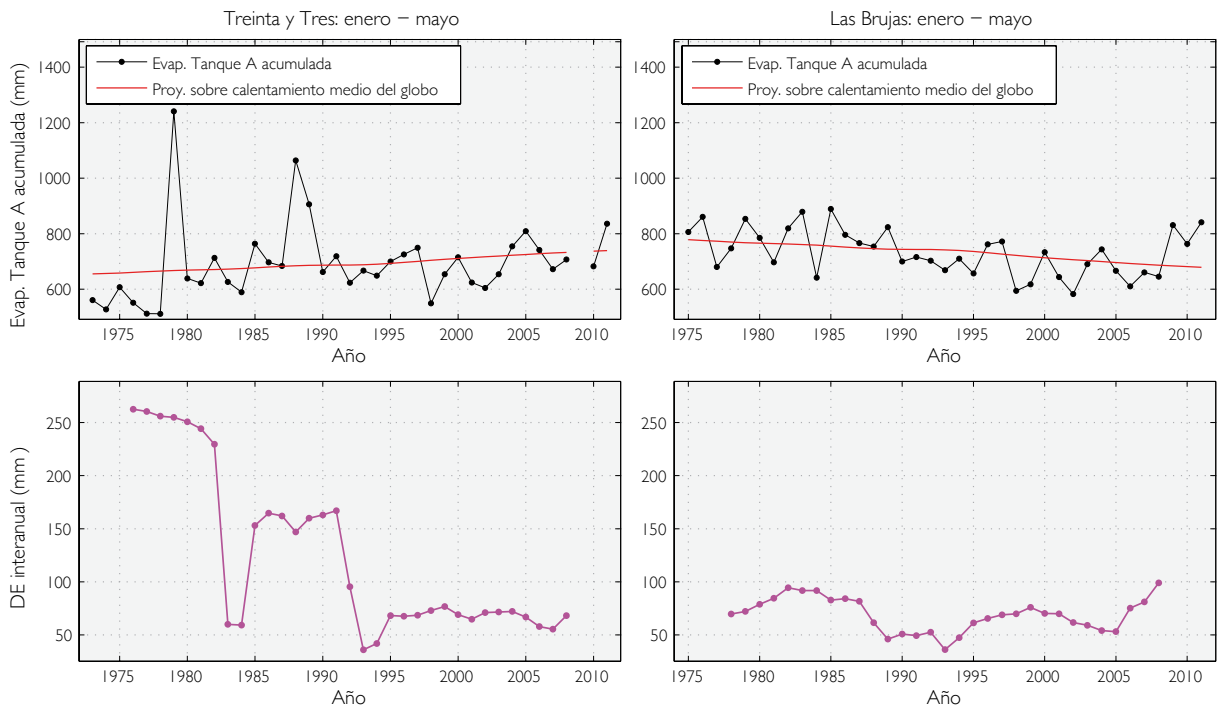


Figura 2.28. Series de Evaporación Tanque A acumulada, proyección sobre el calentamiento del globo y desviación estándar interanual para el periodo enero-mayo en las localidades de Treinta y Tres y Las Brujas.

Evapotranspiración acumulada

Octubre-febrero

Se aprecian ciertas diferencias con el patrón observado para la variable Evaporación del Tanque A, encontrándose mayormente estaciones meteorológicas con tendencias negativas.

Las estaciones con mayores tendencias positivas y negativas son las mismas que para el indicador de evaporación (Treinta y Tres y Las Brujas, Canelones, respectivamente). La estación de Las Brujas presenta un alto porcentaje de varianza explicada por el componente proyectado sobre el calentamiento medio del globo y un elevado coeficiente de ajuste lineal (lo que también se cumple para Tacuarembó) (Tabla 2.11, Figura 2.29). Para la localidad de Treinta y Tres se observa una tendencia creciente en la variabilidad interanual en la última década (Figura 2.29).

Tabla 2.11. Resultados para la variable Evapotranspiración acumulada (periodo octubre – febrero).

	Est.	LB	Salto	Tac.	TyT
VAR (%)	10,40	35,50	6,20	28,00	5,30
SIG. KENDALL	-97,20	-99,96	-63,00	-97,44	90,32
COEF. L. (mm/año)	-1,42	-3,72	0,06	-5,70	1,48

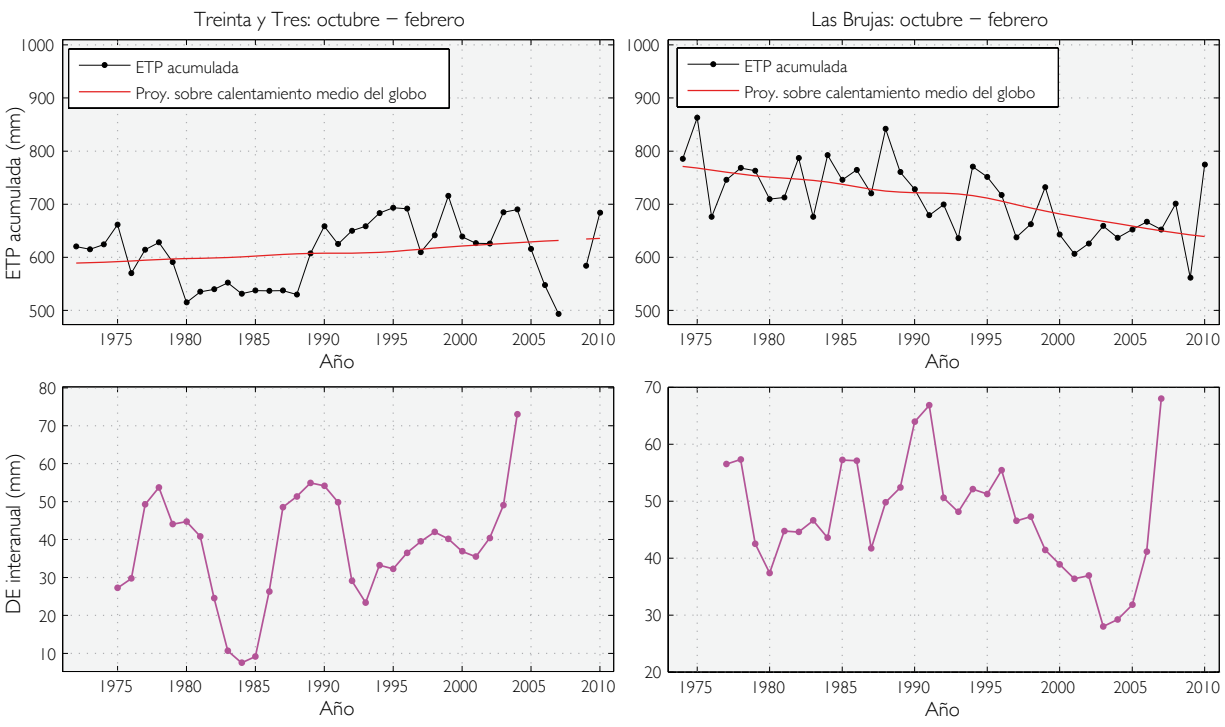


Figura 2.29. Series de Evapotranspiración acumulada, proyección sobre el calentamiento del globo y desviación estándar interanual para el periodo octubre-febrero en las localidades de Treinta y Tres y Las Brujas, Canelones.

Enero-mayo

Se registran tendencias similares, aunque con alguna diferencia a las encontradas para el periodo octubre-febrero. Otra vez, la localidad con mayor tendencia creciente es Treinta y

Tres y con mayor tendencia decreciente, Las Brujas, Canelones (Tabla 2.12, Figura 2.30). En ambas estaciones meteorológicas se registran altos porcentajes de varianza explicada (≈37%) y coeficientes de ajuste lineal (Tabla 2.12).

Tabla 2.12. Resultados para la variable Evapotranspiración acumulada (periodo enero – mayo).

	Est.	LB	Salto	Tac.	TyT
VAR (%)	13,00	36,90	0,40	8,30	37,00
SIG. KENDALL	-98,72	-99,98	-27,70	67,34	99,89
COEF. L. (mm/año)	-1,23	-2,92	0,17	1,70	3,15

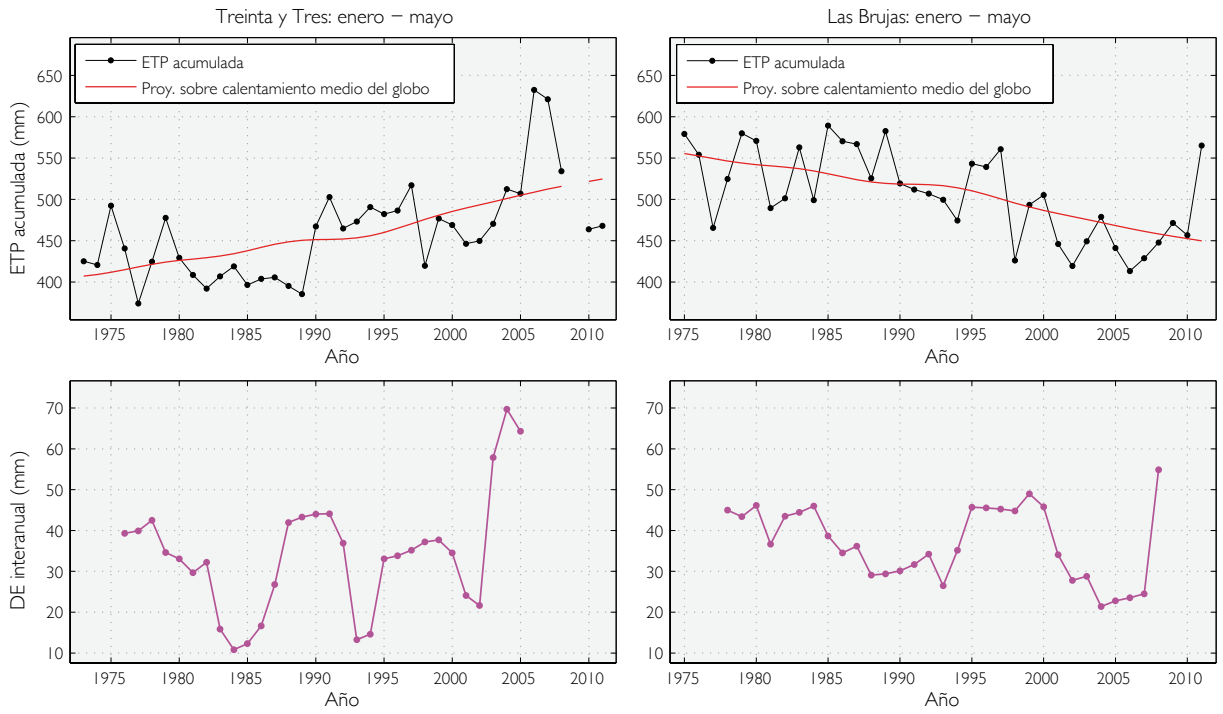


Figura 2.30. Series de Evapotranspiración acumulada, proyección sobre el calentamiento del globo y la desviación estándar interanual para el periodo enero-mayo en las localidades de Treinta y Tres y Las Brujas, Canelones.

Máximo déficit acumulado de precipitación

15 de setiembre-15 de mayo

No se observan tendencias significativas generalizadas para el Máximo déficit de precipitación acumulado, aunque predominan las tendencias decrecientes. La mayor tendencia decreciente según el test de Kendall-Mann fue registrada en Melo mientras que la mayor tendencia positiva se observó en Tacuarembó (Tabla 2.13, Figura 2.31).

Tabla 2.13. Resultados para el Máximo déficit acumulado de precipitación (periodo 15 setiembre-15 de mayo).

	Art.	Melo	Merc.	Pays.	Rocha	Est.	LB	Salto	Tac.	TyT
VAR (%)	0,20	5,00	1,60	0,60	7,20	1,20	1,20	2,30	18,40	0,00
SIG. KENDALL	-19,09	-93,49	-70,78	-70,15	-90,78	-92,05	-14,40	33,05	94,13	-23,81
COEF. L. (mm/año)	-0,90	-1,74	-0,78	-0,72	-1,21	-0,60	0,78	1,68	6,14	-0,16

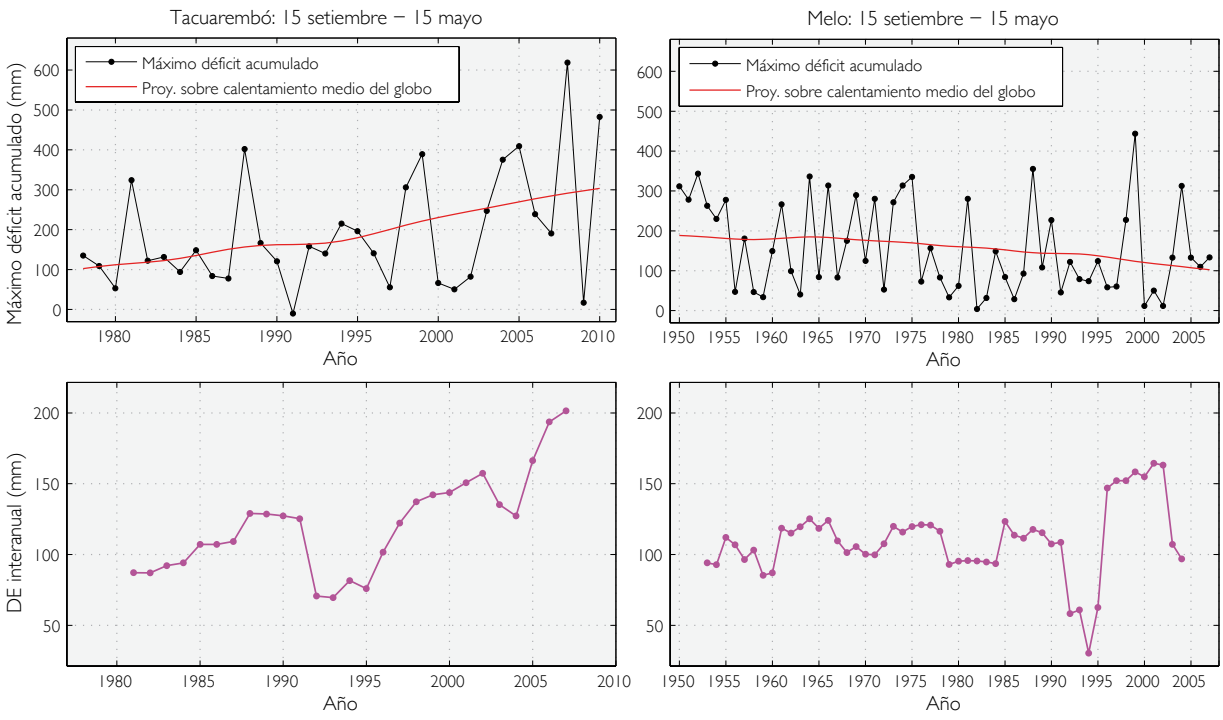


Figura 2.31. Series del Máximo déficit acumulado de precipitación, proyección sobre el calentamiento del globo y desviación estándar interanual para el periodo 15 de setiembre-15 de mayo en las localidades de Tacuarembó y Melo.

Es interesante señalar que algunas localidades con tendencias decrecientes en el déficit, registran una considerable variabilidad en los últimos años presentando altos valores del déficit. Esto se constata para la serie con la mayor tendencia decreciente (Melo, Figura 2.31) pero también para otras estaciones como La Estanzuela, Colonia (Figura 2.32). Con la excepción de Tacuarembó (localidad con la máxima tendencia positiva), los porcentajes de varianza explicados por el componente proyectado sobre el calentamiento medio del globo, así como el coeficiente de ajuste lineal, resultaron ser bastante bajos. En relación a la variabilidad interanual, en algunas localidades se observa un aumento de esta variabilidad en los últimos años, patrón que se encuentra asociado a series con tendencias de déficit creciente (ej. Tacuarembó, Figura 2.31; Salto, Figura 2.33).

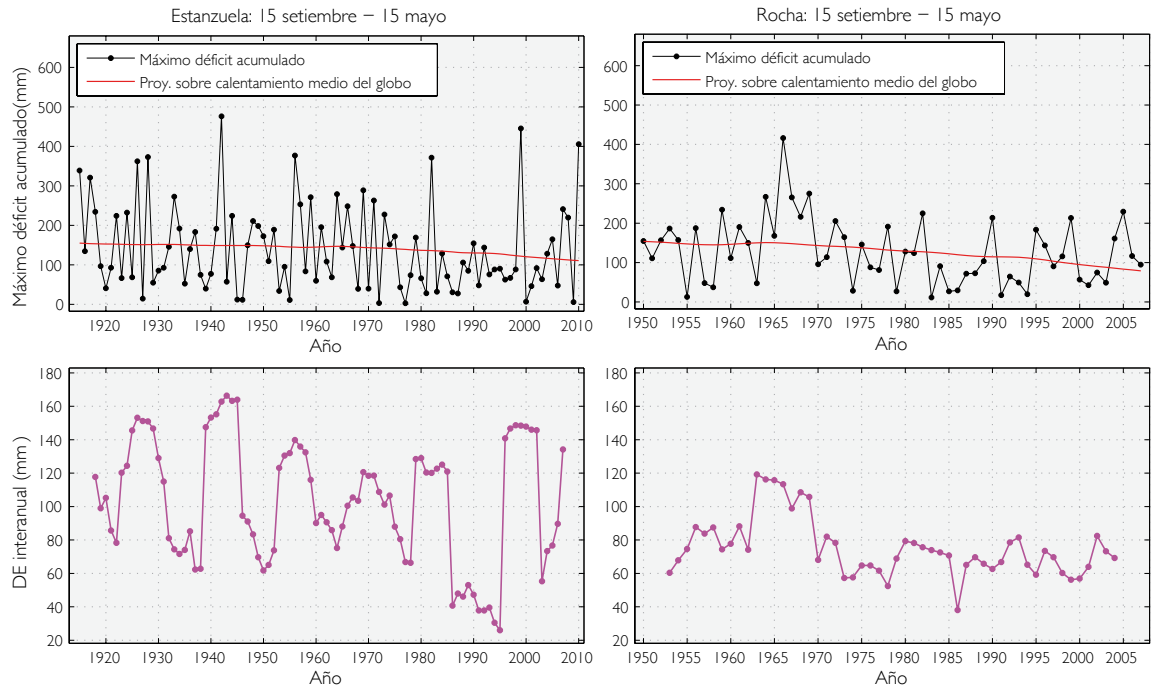


Figura 2.32. Series del Máximo déficit acumulado de precipitación, proyección sobre el calentamiento del globo y desviación estándar interanual para el periodo 15 de setiembre-15 de mayo en las localidades de La Estanzuela (Colonia) y Rocha.

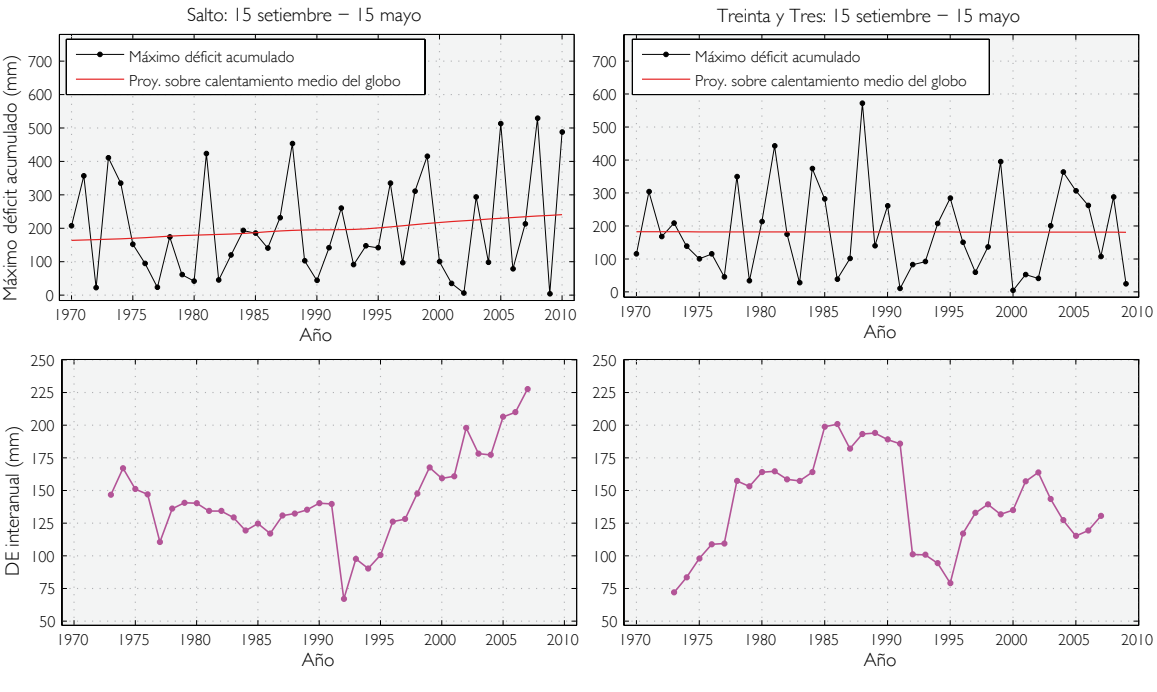


Figura 2.33. Series del Máximo déficit acumulado de precipitación, proyección sobre el calentamiento del globo y desviación estándar interanual para el periodo 15 de setiembre-15 de mayo en las localidades de Salto y Treinta y Tres.

Días con helada

Junio-agosto

Se puede apreciar una gran variabilidad en las tendencias observadas en Días con helada para el periodo de invierno, con ausencia de una segregación espacial clara (Tabla 2.14). De todos modos parecen predominar las tendencias significativas decrecientes. Se registran en general, aunque con algunas excepciones, bajos porcentajes de varianza explicada por el componente proyectado sobre el calentamiento medio del globo así como bajos coeficientes de ajuste lineal (Tabla 2.14).

Tabla 2.14. Resultados para la variable Días con helada (periodo junio-agosto).

	Art.	Melo	Merc.	Pays.	Rocha	Est.	LB	Salto	Tac.	TyT
VAR (%)	4,80	8,80	4,60	9,50	1,60	5,40	6,50	2,00	18,20	0,10
SIG. KENDALL	94,32	-93,16	99,35	-98,90	-77,49	-94,67	89,90	82,75	-96,87	46,13
COEF. L. (días/año)	0,08	-0,13	0,11	-0,09	-0,03	-0,06	0,08	0,05	-0,26	0,04

La tendencia creciente más importante fue observada en la localidad de Mercedes mientras que la tendencia decreciente más marcada del Test de Kendall-Mann se observó en Paysandú (Figura 2.34).

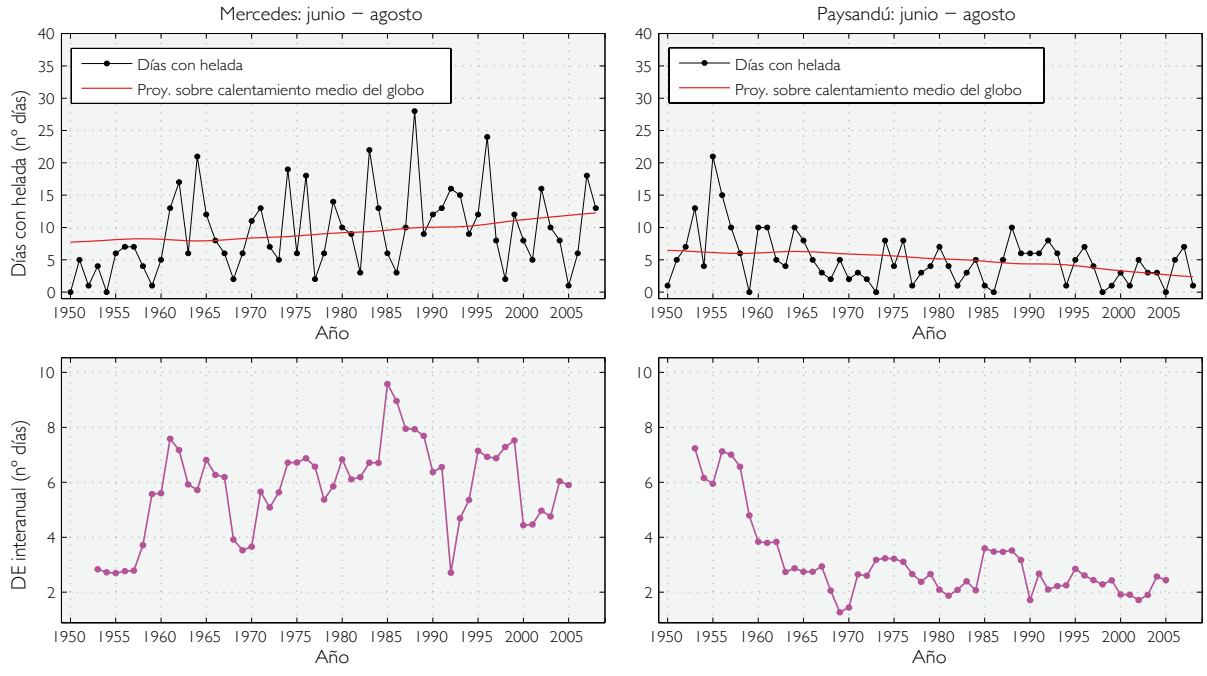


Figura 2.34. Series de Días con helada, proyección sobre el calentamiento del globo y desviación estándar interanual para el periodo junio-agosto en las localidades de Mercedes y Paysandú.

Inducción de frío

Junio-agosto

Al igual que para la variable Días con helada, no se observó un patrón espacial claro en las tendencias de Inducción de frío, aunque en su mayoría las tendencias significativas son decrecientes (Tabla 2.15). Nuevamente, la tendencia positiva más importante fue observada en Mercedes mientras que la tendencia negativa más marcada se registró en Paysandú (Figura 2.35).

Tabla 2.15. Resultados para la variable Inducción de frio (periodo junio – agosto).

	Art.	Melo	Merc.	Pays.	Rocha	Est.	LB	Salto	Tac.	TyT
VAR (%)	0,60	8,30	1,40	11,60	0,20	5,50	4,70	1,30	0,20	0,40
SIG. KENDALL	73,52	-93,30	90,72	-99,38	8,85	-98,73	79,60	51,38	-15,65	49,27
COEF. L. (grad.días/año)	0,56	-1,24	0,90	-1,27	-0,08	-0,83	1,16	0,69	-0,40	0,55

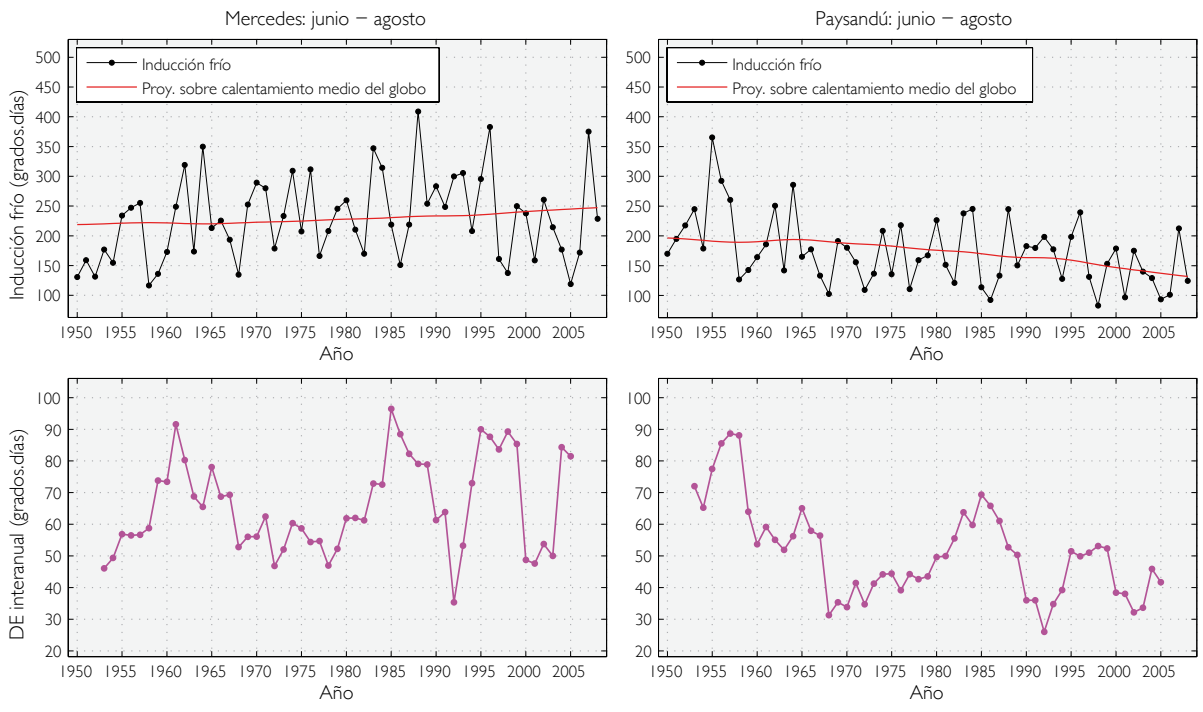


Figura 2.35. Series de Inducción de frio (total de grados-día por debajo de 7ºC), proyección sobre el calentamiento del globo y desviación estándar interanual para el periodo junio-agosto en las localidades de Mercedes y Paysandú.

Número de días con Temperatura máxima por sobre T90

Diciembre-febrero

Los análisis indican, en general, tendencias decrecientes de la variable Número de días con T máxima mayor a T90, con excepción de Las Brujas y Salto que muestran tendencias crecientes (Tabla 2.16). La tendencia positiva más importante se registró en Las Brujas, Canelones, mientras que la tendencia negativa más marcada se registró en La Estanzuela, Colonia (Figura 2.36). Esta última localidad fue la única en donde se registraron altos porcentajes de varianza explicada por la variable proyectada sobre el calentamiento medio del globo mientras que ninguna de las localidades presentó valores elevados del coeficiente de ajuste lineal (Tabla 2.16).

Tabla 2.16. Resultados para la variable Número de días con T máxima por sobre T90 (periodo diciembre – febrero).

	Art.	Melo	Merc.	Pays.	Rocha	Est.	LB	Salto	Tac.	TyT
VAR (%)	7,30	3,90	2,70	0,50	8,80	18,20	5,70	0,00	3,70	1,00
SIG. KENDALL	-91,89	-2,34	-72,89	-53,21	-97,10	-99,99	95,05	16,47	-25,11	-1,00
COEF. L. (días/año)	-0,19	-0,13	-0,09	-0,03	-0,11	-0,11	0,11	0,00	-0,30	0,00

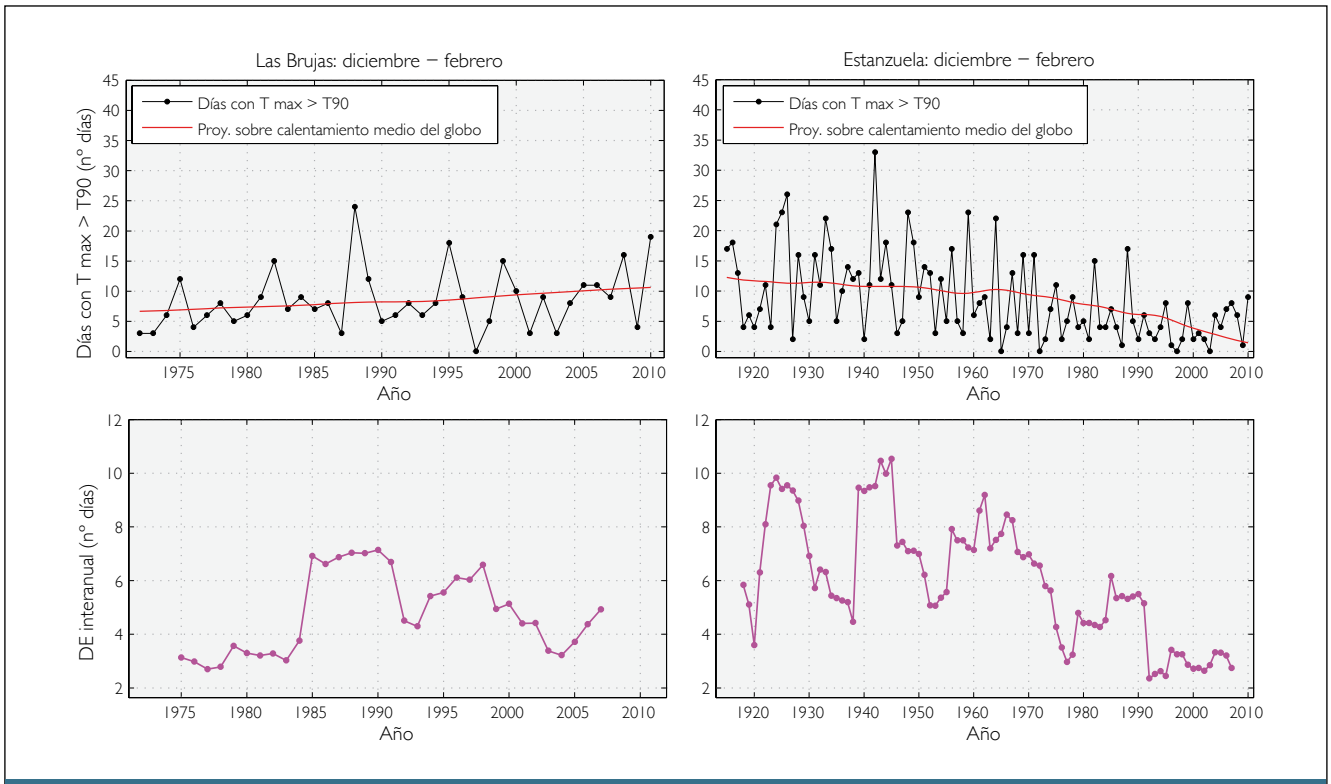


Figura 2.36. Series de Número de días con T máxima por sobre T90, proyección sobre el calentamiento del globo y desviación estándar interanual para el periodo diciembre - febrero en las localidades de Las Brujas, Canelones y La Estanzuela, Colonia.

Total °C-día de racha máxima por sobre T90

Diciembre-febrero

En esta variable se observaron patrones muy similares a los encontrados para Número de días con T máxima mayor a T90, con tendencias algo atenuadas en algunas localidades (Tabla 2.17). Nuevamente, la tendencia negativa más importante del Test de Kendall- Mann se registró en La Estanzuela y la tendencia positiva más marcada en Las Brujas (Figura 2.37).

Tabla 2.17. Resultados para la variable Total °C-día de racha máxima por sobre T90 (periodo diciembre-febrero).

	Art.	Melo	Merc.	Pays.	Rocha	Est.	LB	Salto	Tac.	TyT
VAR (%)	9,70	4,50	2,80	0,10	4,50	17,70	0,00	0,10	7,20	7,30
SIG. KENDALL	-94,33	-54,84	-76,27	-31,35	-81,30	-99,99	58,95	39,51	-55,36	-4,84
COEF.L.(grad.días/año)	-0,17	-0,09	-0,06	-0,01	-0,06	-0,08	0,00	0,01	-0,27	-0,01

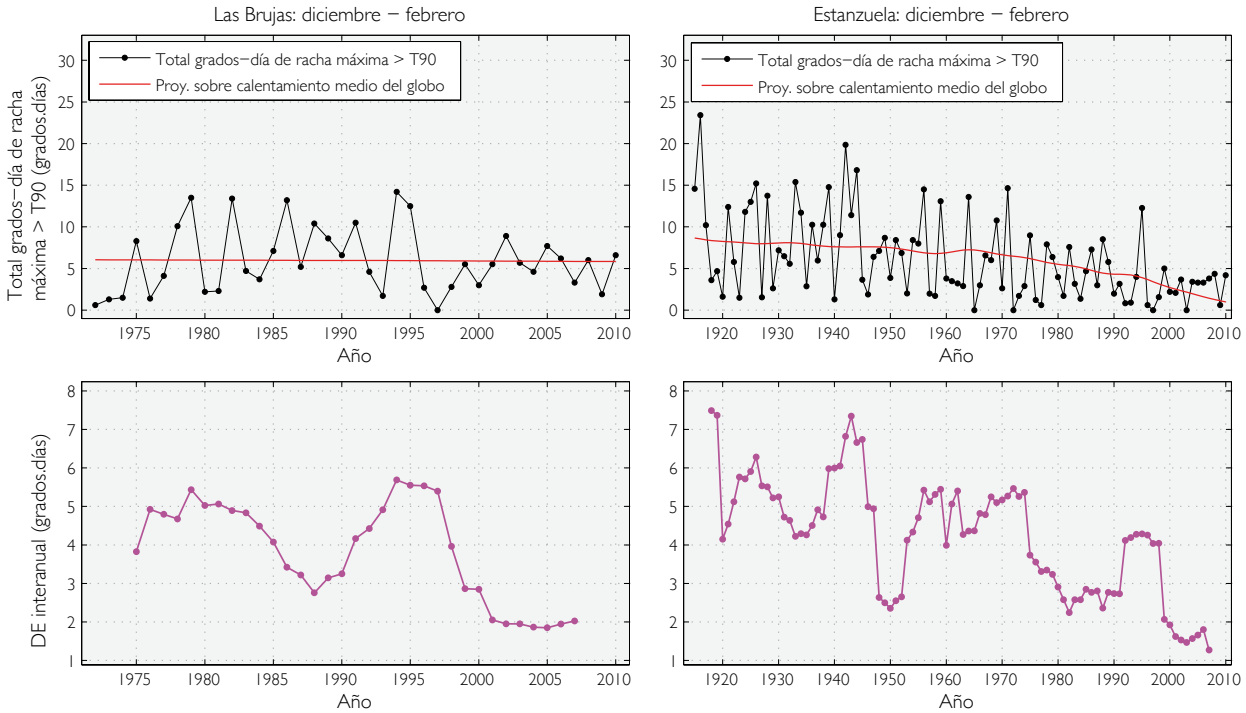


Figura 2.37. Series de Total grados-día de racha máxima por sobre T90, proyección sobre el calentamiento del globo y desviación estándar interanual para el periodo diciembre-febrero en las localidades de Las Brujas (Canelones) y La Estanzuela (Colonia).

2.6. Principales tendencias constatadas en el registro instrumental

Coincidentemente con estudios anteriores, se verificó la tendencia generalizada en el país a precipitaciones anuales crecientes, fundamentalmente en primavera-verano (octubre-febrero) pero también en verano-otoño (enero-mayo). Las tendencias resultaron un poco menos significativas en las estaciones meteorológicas del norte del país.

Tanto en el caso de la precipitación, como para las demás variables climáticas analizadas, una parte importante de la varianza no es explicada por la proyección sobre el calentamiento medio del globo, lo que pone de manifiesto la importancia de la variabilidad climática a escalas menores de tiempo (por ejemplo: interanual). Con el fin de analizar la evolución de dicha variabilidad en el tiempo es que se representó la misma a través de la desviación "estándar móvil" de siete años. Para el caso de la precipitación, en muchas estaciones y temporadas se constata un aumento de la variabilidad interanual aunque este resultado no se verifica en todos los casos.

Los análisis de evaporación de Tanque A (y con algunas diferencias menores los resultados de la evaporación de Penman) registrados en las estaciones de INIA sugieren un patrón en las tendencias observadas, tanto en primavera-verano (octubre-febrero) como verano-otoño (enero-mayo) con una tendencia al aumento de la demanda atmosférica en el norte y este y una disminución en el sur y oeste, llegando ambas a ser estadísticamente significativas en algunos de los casos. Por supuesto que hay que tener presente que el estudio se basa solamente en datos de cinco localidades.

El déficit de precipitación acumulado máximo durante la primavera y el verano no muestra tendencias significativas generalizadas, aunque en la mayoría de las estaciones meteorológicas la tendencia es al déficit decreciente. Esto no es incompatible, sin embargo, con la existencia de eventos de déficit históricamente muy altos (asociados a secas extremas) en años recientes.

En Melo, por ejemplo, que muestra la tendencia más significativa a déficit decreciente, se verifican dos años de gran déficit (incluyendo el mayor del registro) en la última década. Este tipo de situaciones se repiten en otros puntos estudiados. En algunas localidades la desviación estándar interanual muestra un crecimiento en los últimos años, pero tampoco este resultado es generalizado.

El examen conjunto de los análisis de tendencia en totales de precipitación, déficit acumulado máximo en la temporada estival y evapotranspiración indican que no hay una señal clara en los registros meteorológicos que, por sí sola, explique la percepción generalizada de que ha aumentado la frecuencia e intensidad de las secas. Tampoco se puede deducir lo contrario, más allá de los aumentos en los totales de precipitación y la disminución (no significativa o marginalmente significativa) que algunas estaciones muestran en el déficit estival acumulado.

Como se sabe, la variabilidad interanual es muy grande, en algunos casos incluso creciente y los registros muestran secas muy importantes en años recientes en la mayoría de los puntos del país estudiados. Incluso, algunas estaciones meteorológicas (como por ejemplo Tacuarembó) sí muestran un agravamiento significativo en el déficit de precipitación. En lo

que respecta a la evaporación, la señal espacial es más clara y puede estar contribuyendo a un incremento de sequías agro-meteorológicas en el noreste.

En resumen, en algunos casos la evidencia objetiva en base a registros meteorológicos respalda la percepción de una incidencia creciente de las secas, sin embargo, los resultados de la investigación sugieren que se suman elementos referidos a la sensibilidad de los sistemas, en relación al déficit de agua, que configuran la percepción que se tiene de las tendencias del clima. Es necesario señalar que, si bien hay extensos periodos en común, las variables analizadas presentan en algunos casos series de longitudes diferentes, por los que las tendencias no son estrictamente comparables. Esto, igualmente, es válido para el análisis de las variables de temperatura.

Los registros de temperaturas máximas y mínimas son en general menos abundantes en número y longitud de las series. Con respecto a temperatura máxima, en general se verifica –con excepciones- una tendencia decreciente que corrobora estudios anteriores. El índice que se eligió para olas de calor (dependiente de la temperatura máxima) muestra resultados semejantes. Queda por explorar si los resultados difieren con otras definiciones de olas de calor.

El análisis del número de heladas (Tmin<0°C) y horas de inducción de frío (por debajo de 7°C) durante el trimestre junio-agosto, presenta resultados dispares, la mitad de las estaciones meteorológicas mostraron tendencias de calentamiento (menos heladas y menos horas de inducción de frío) y otro tanto con tendencias opuestas. En muchos casos las tendencias son significativas, sobre todo las que indican calentamiento y no hay una coherencia espacial clara en la distribución de unas y otras. Resultados de estudios preliminares que consideraban al periodo mayo-setiembre para el cálculo de estas variables mostraron resultados muy similares que los obtenidos al considerar el periodo junio-agosto.

2.7. Escenarios futuros de variabilidad climática

Una de las guías requeridas en los estudios sectoriales de impacto del cambio climático, es la denominada "escenarios climáticos futuros". Estas descripciones de los climas futuros, o escenarios, se obtienen de simulaciones, forzadas por distintos incrementos de GEI, usando GCM. La historia del uso de GCM para la elaboración de escenarios climáticos se extiende al menos durante los últimos 20 años. Algunos trabajos como el de Hulme y Carter (1999) proveen pistas sobre cuáles son las fuentes de incertidumbre de estos tipos de estudios.

Estas incertidumbres incluyen aquellas que provienen de los diferentes escenarios socioeconómicos futuros (Nakicenovic et al., 1998), de las propias diferencias entre GCM—que reflejan limitantes en la comprensión y por tanto modelación— y de la impredecibilidad inherente del sistema climático (Mitchell et al. 1999).

A efectos de cubrir (en parte) la incertidumbre proveniente de las diferencias entre escenarios socioeconómicos, es costumbre seleccionar al menos dos de los posibles escenarios futuros. Hasta el último reporte del IPCC del año 2007 se han utilizado los escenarios socioeconómicos del Reporte Especial sobre Escenarios de Emisiones (SRES, por su sigla en inglés) (Nakicenovic y Swart, 2000). En Uruguay se han utilizado en general los llamados SRES A2 y B2. De manera de describir el rango en las proyecciones provenientes de los diferentes modelos climáticos, es conveniente considerar la mayor cantidad de

tipos posibles. Se han realizado investigaciones en la región estudiando la performance de estos GCM en relación a variables fundamentales como precipitación, temperatura y presión atmosférica en superficie (Hoftadter y Bidegain 1997, Bidegain y Camilloni 2006, Marengo 2007).

La incertidumbre se incrementa cuando se consideran eventos extremos (que suelen ser los de mayor interés en la producción), pues en muchos casos los modelos climáticos no los representan bien. La dificultad se acentúa cuando el evento no se configura exclusivamente en base a variables meteorológicas sino también agronómicas y/o hidrológicas (ej., sequías agronómicas, excesos de agua, heladas extemporáneas, entre otros).

En lo que refiere a la incertidumbre debida a la variabilidad intrínseca del sistema climático, cabe señalar que las proyecciones realizadas por el IPCC (2007) no representan adecuadamente las condiciones actuales de los océanos al inicio de las simulaciones. Considerando que los mismos varían en escalas de tiempo de 10 a 100 años, esto puede influir en las proyecciones, sobre todo las de corto plazo (por ejemplo 20 años).

Las dos variables principales extraídas de los GCM y que se aplican en los diferentes estudios sectoriales son la temperatura del aire y la precipitación. Estas dos variables permiten generar escenarios sobre los posibles impactos en el sector agropecuario como la estimación de la demanda atmosférica futura (evapotranspiración) balances hídricos, entre otros. Se pueden incorporar, por ejemplo, otras variables como humedad específica y radiación solar global en superficie que podrían ser importantes en procesos biofísicos de cultivo.

El IPCC en el SRES recomienda el uso de escenarios socioeconómicos (A1, A2, B1 y/o B2) de emisión de gases de invernadero como base para forzar los modelos climáticos globales.

El cambio considerado en las emisiones de dióxido de carbono de fuentes energéticas-industriales para el año 2100 varía desde una disminución del 4% (escenario B1) a un aumento de alrededor de 320% (escenario A2) respecto al año 2000. La concentración de dióxido de carbono atmosférico aumentaría de la concentración actual (370 ppmv) a una concentración cercana a 550 ppmv en el escenario B1 para el año 2100, y por arriba de 830 ppmv en el escenario A2 (Figura 2.38).

Los escenarios SRES A2 (alto) y B2 (medio) fueron elegidos como los más probables de los escenarios futuros a nivel global. Por ejemplo, en el informe publicado por la Dirección

Nacional de Medio Ambiente (DINAMA) del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, (MVOTMA, 2005) y elaborado con el apoyo del proyecto de Evaluaciones de Impactos y Adaptación al Cambio Climático (AIACC, por su sigla en inglés) LA-32 (2002-2004), se desarrollaron escenarios climáticos de precipitación, temperatura y presión atmosférica para Uruguay y la región circundante.

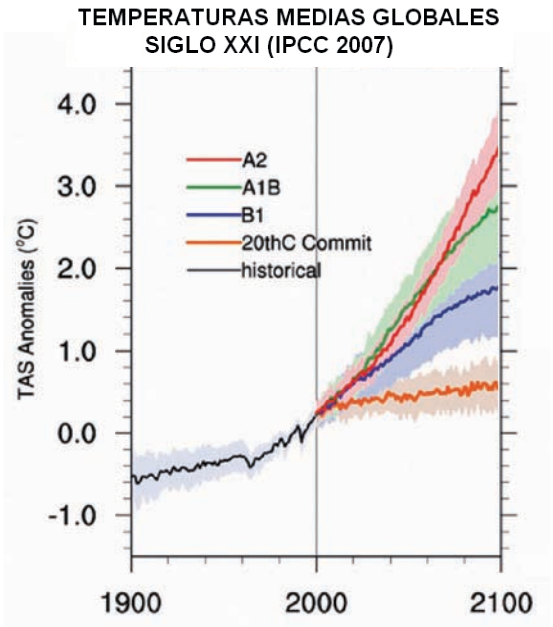


Figura 2.38. Diferentes estimaciones de aumento de la temperatura media global durante el siglo XXIen función de los cuatro escenarios (A1F1, A2, B1 y B2).
Fuente: tomado de informe IPCC 2007.

Escenarios climáticos

Una evaluación basada en las proyecciones de GCM (Solomon et al. 2007) sugiere que, para los escenarios de no mitigación, el futuro aumento en el promedio mundial de la temperatura, es probable que caiga dentro -40 a 60% del conjunto multi-modelo de simulaciones de los GCM para un escenario determinado. La mayor incertidumbre se da en los resultados para valores más altos, debido a las incertidumbres en la retroalimentación del ciclo del carbono. El calentamiento y sus rangos de incertidumbre para los escenarios entre 2090 y 2099 en relación con 1980 a 1999 son (Tabla 2.38).

Si se examinan las proyecciones de cambio de temperatura para el siglo XXI se observa que las trayectorias futuras para finales del siglo quedan entre +2°C y 4,8°C para el conjunto de ocho modelos presentados en la Figura 2.39.

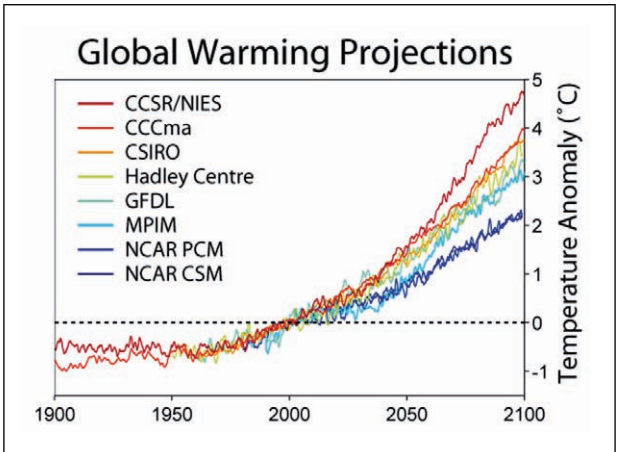


Figura 2.39. Evolución de la temperatura media anual en superficie, según varios modelos climáticos globales (observar Hadley Centre y M PIM) Fuente: IPCC FAR4 (2007)

Considerando los cambios de campos medios proyectados para fin de siglo XXI en relación con el fin del siglo XX, los modelos climáticos proyectan un aumento de temperatura media entre 2 a 3°C para nuestra región, y un aumento de entre un 10% a 20% en el acumulado anual de precipitaciones. El aumento de lluvias se proyecta fundamentalmente para la estación de verano. Es importante señalar que la precipitación es el campo meteorológico más difícil de simular por los modelos climáticos, por lo que los cambios sugeridos por los modelos para esta variable deben ser tomados con mucha cautela.

Asimismo, las proyecciones indican que habrá un leve descenso en el número de días con heladas; un aumento significativo en el número de noches cálidas; un aumento en la duración de olas de calor y un aumento significativo en la intensidad de la precipitación (ver más detalle en Tebaldi et al. 2006).

A continuación se presenta un análisis más detallado de los escenarios futuros de temperatura y precipitación para dos modelos: HADCM3 (Hadley Centre) y el ECHAM5 (MPIM) (ver apartado Aproximación metodológica). Estos dos modelos han sido seleccionados por mostrar una buena performance en relación a las condiciones climáticas observadas sobre el sudeste de Sudamérica durante la segunda mitad del siglo XX, tanto para temperatura como para precipitación (Bidegain y Camilloni 2006).

Es importante recordar que para el proyecto URU/07/G32 de FAO, "Implementación de medidas piloto de adaptación al cambio climático en áreas costeras del Uruguay", publicado en 2009, se incluyen escenarios de cambio climático futuro para Uruguay sobre la región 30°S-40°S y 62°W-50°W y las salidas para los horizontes temporales de las décadas centradas en 2020 (2010-2039), 2050 (2040-2069) y 2080 (2070-2099) para los dos es-

cenarios socioeconómicos SRES A2 (alto) y B2 (medio-bajo). Los dos modelos climáticos utilizados sobre la región fueron el HADCM3 y ECHAM5.

Según el modelo HADCM3, el escenario A2 determina incrementos de la temperatura media anual ligeramente superiores al escenario B2. Se esperan, según este modelo climático, para el escenario A2, valores de temperatura sobre la región sur del país que estarían entre 17,5°C y 18,5°C para la década centrada en el 2020. Los valores de temperatura para la región sur del país estarían entre 18,5°C a 19,5°C para la década centrada en el 2050, y entre 19,5°C a 20,5°C para la década centrada en el 2080.

También se predice, según el modelo HADCM3 bajo el escenario B2, que las temperaturas previstas para la región sur del país en la década de 2020 (Figuras 2.40 y 2.41) son prácticamente iguales que para el escenario A2, ya para la década centrada en 2050 los valores son ligeramente inferiores al escenario A2 y quedan en valores de 18,5 °C en la costa sur del Uruguay. Mientras que para la década de 2080 los valores para el escenario B2 muestran temperaturas de 18,5°C a 19,5°C para la costa.

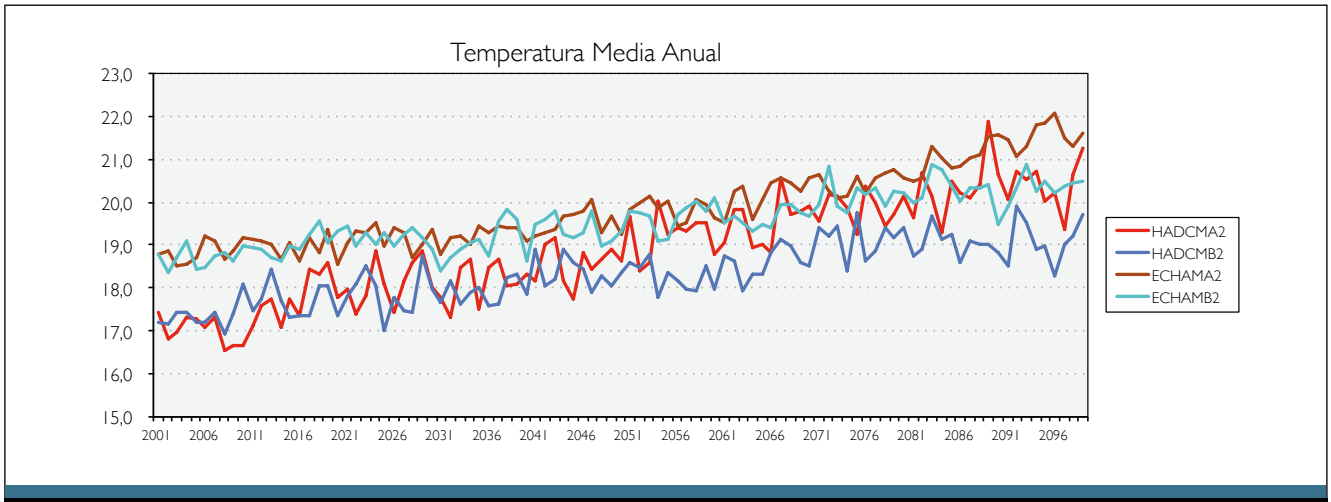


Figura 2.40. Estimaciones de la temperatura media anual para el Uruguay en °C para el siglo XXI

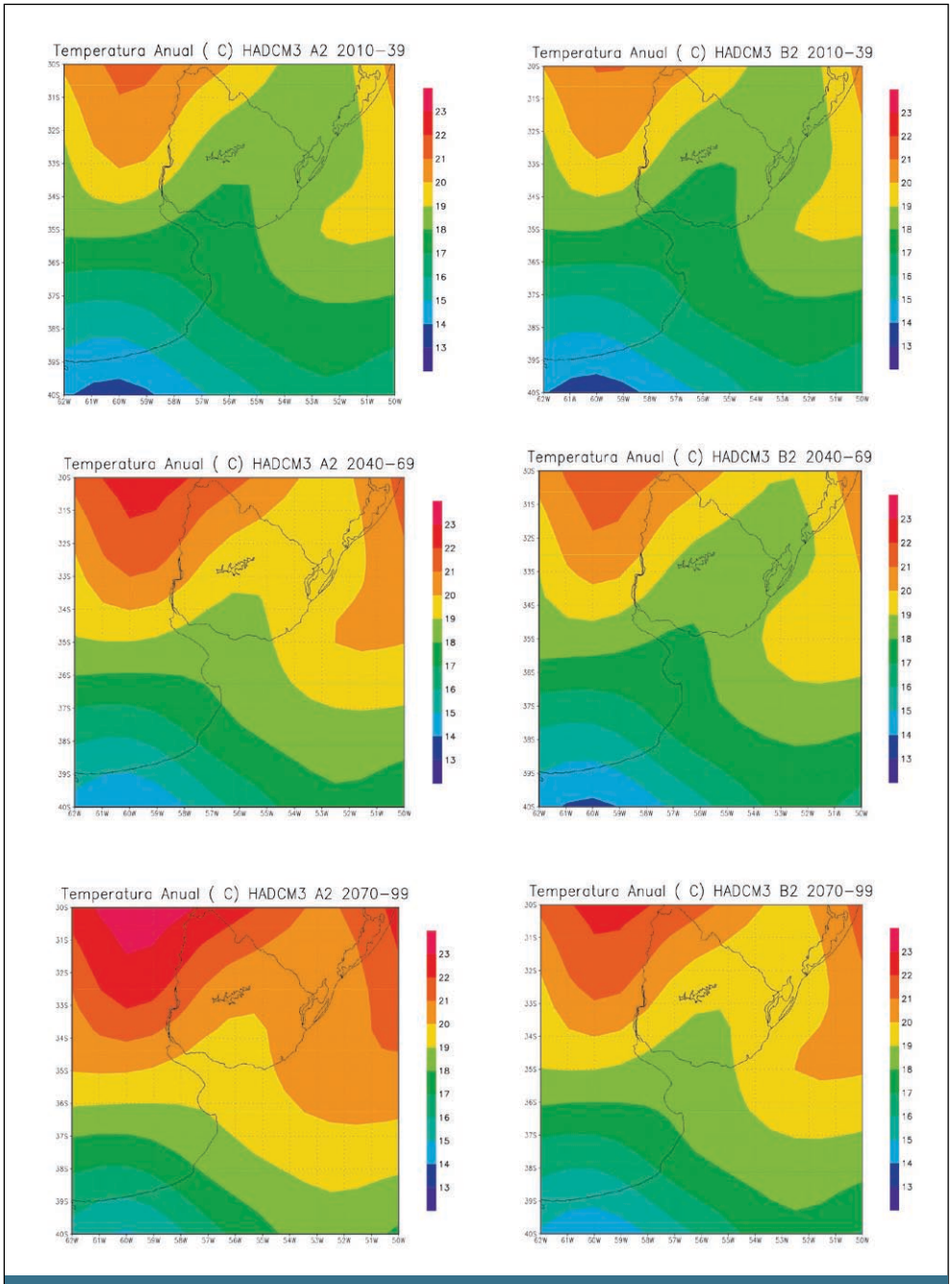


Figura 2.41. Temperaturas medias anuales previstas (°C) para 2020, 2050 y 2080 (Modelo HADCM3 - SRES A2 izquierda y SRES B2 derecha).

Según el modelo ECHAM5, en el escenario A2 la temperatura media anual es superior al escenario B2. Se espera, según este modelo climático para el escenario A2, valores de temperatura sobre la región sur del país que estarían entre 18°C y 18,5°C para la década centrada en 2020 (Figuras 2.40 y 2.42). Los valores de temperatura para la región sur del Uruguay estarían entre 19°C y 19,5°C para la década centrada en el 2050 (Figura 2.42) y entre 19,5°C a 20,5°C para la década centrada en 2080 (Figuras 2.40 y 2.42).

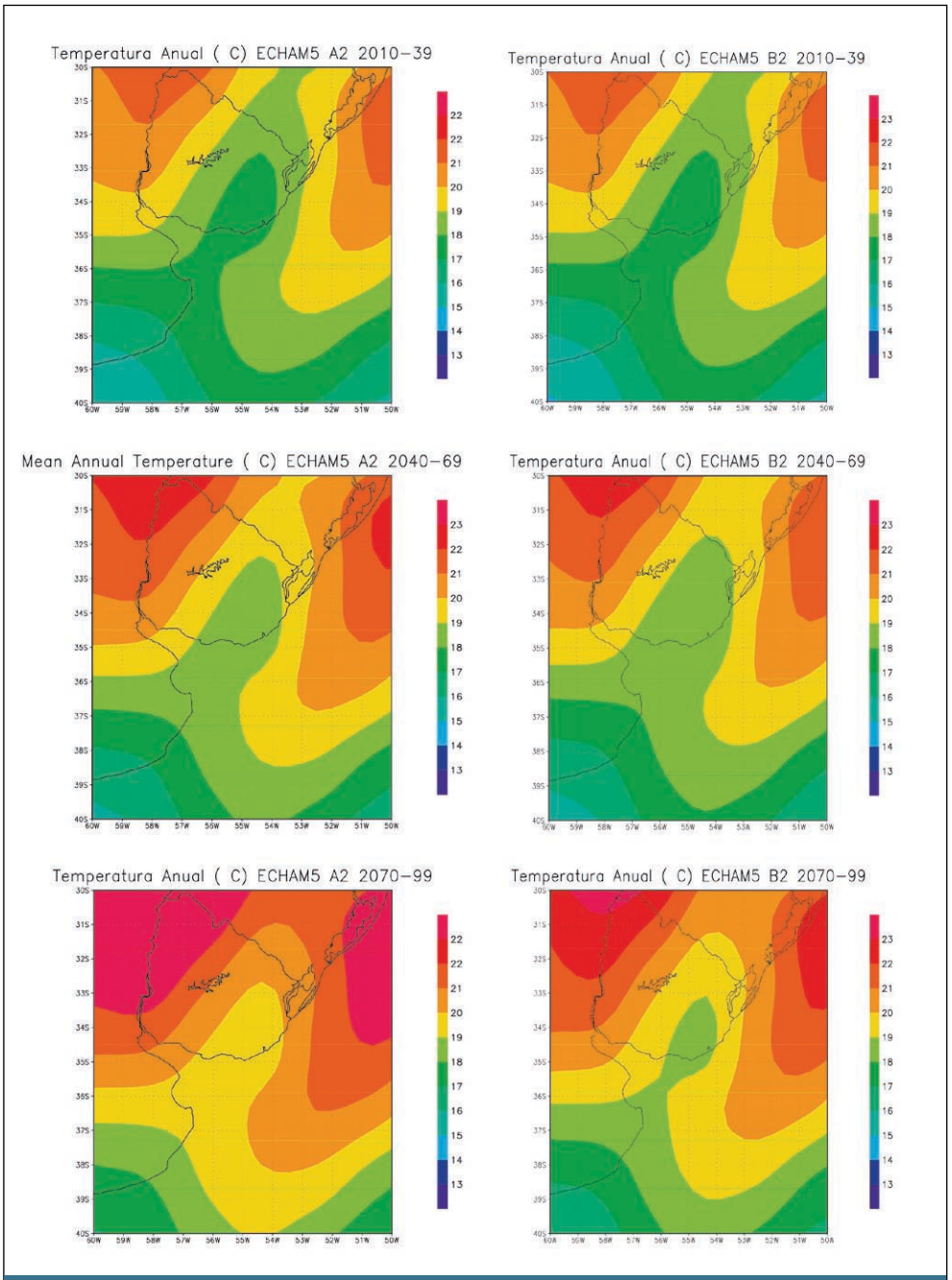


Figura 2.42. Temperaturas medias anuales previstas (ºC) para 2020, 2050 y 2080 (Modelo ECHAM5 - SRES A2 izquierda y SRES B2 derecha).

Los campos de precipitación previstos por el modelo HADCM3 en las décadas de 2020, 2050 y 2080 para los escenarios A2 y B2 se presentan en la Figuras 2.43 y 2.44, estos valores son cercanos a 2 mm/día, 2,3 mm/día y 2,5 mm/día respectivamente. Los campos de precipitación previstos por el modelo HADCM3 en las décadas de 2020, 2050 y 2080 para el escenario B2, estos presentan valores de aproximados a 2,3 mm/día, 2,3 mm/día y 2,5 mm/día respectivamente. Tanto los valores previstos para el escenario A2 como B2 están todos por debajo de los valores climáticos observados actualmente, presentando este modelo un error sistemático de subestimación de la lluvia actualmente observada.

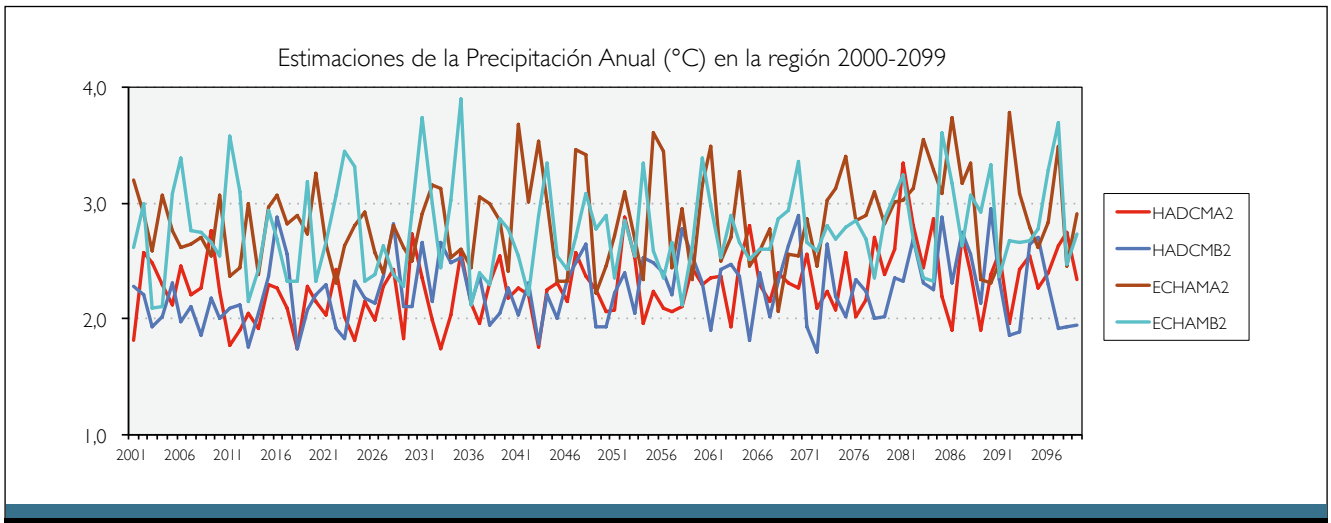


Figura 2.43. Estimaciones de la precipitación anual para el Uruguay en mm/día para el siglo XXI elaboradas por los modelos HADCM3 y ECHAM5 forzados con los escenarios SRES A2 y B2.

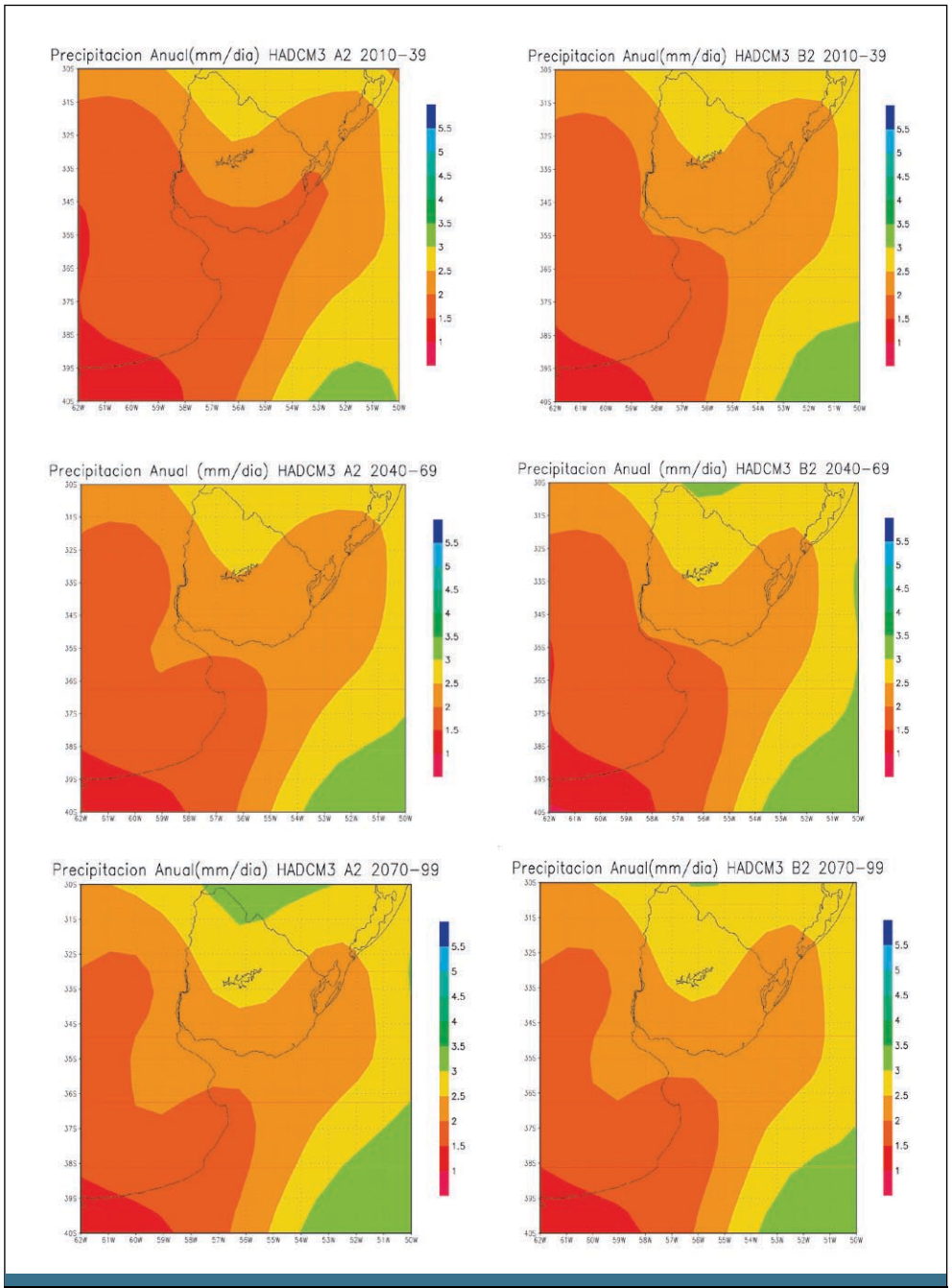


Figura 2.44. Precipitación (mm/día) par 2020, 2050 y 2080 (Modelo HADCM3 SRES A2 izquierda y SRES B2 a la derecha).

Los campos previstos por el modelo echam5 para las décadas de 2020, 2050 y 2080 y para los escenarios A2 y B2 (Figuras 2.44 y 2.45) presentan valores cercanos, entre 2,5 a 3,5 mm/día, 2,6 a 3,6 mm/día y 2,7 a 3,7 mm/día respectivamente. Los campos de precipitación previstos por este mismo modelo para las décadas del 2020, 2050 y 2080 para el escenario B2, tienen valores entre 2,5 y 3,5 mm/día, 2,6 y 3,6 mm/día y 2,7 a 3,7 mm/día

respectivamente. Los valores previstos para los escenario A2 y B2 son todos muy cercanos a los valores climáticos observados actualmente, por lo tanto este modelo no presenta un error sistemático de subestimación, pero tampoco prevé un cambio significativo de las lluvias en los escenarios futuros, excepto en el litoral atlántico donde prevé un incremento del orden de 0,5 mm/día (+180 mm/año) especialmente hacia finales del siglo XXI.

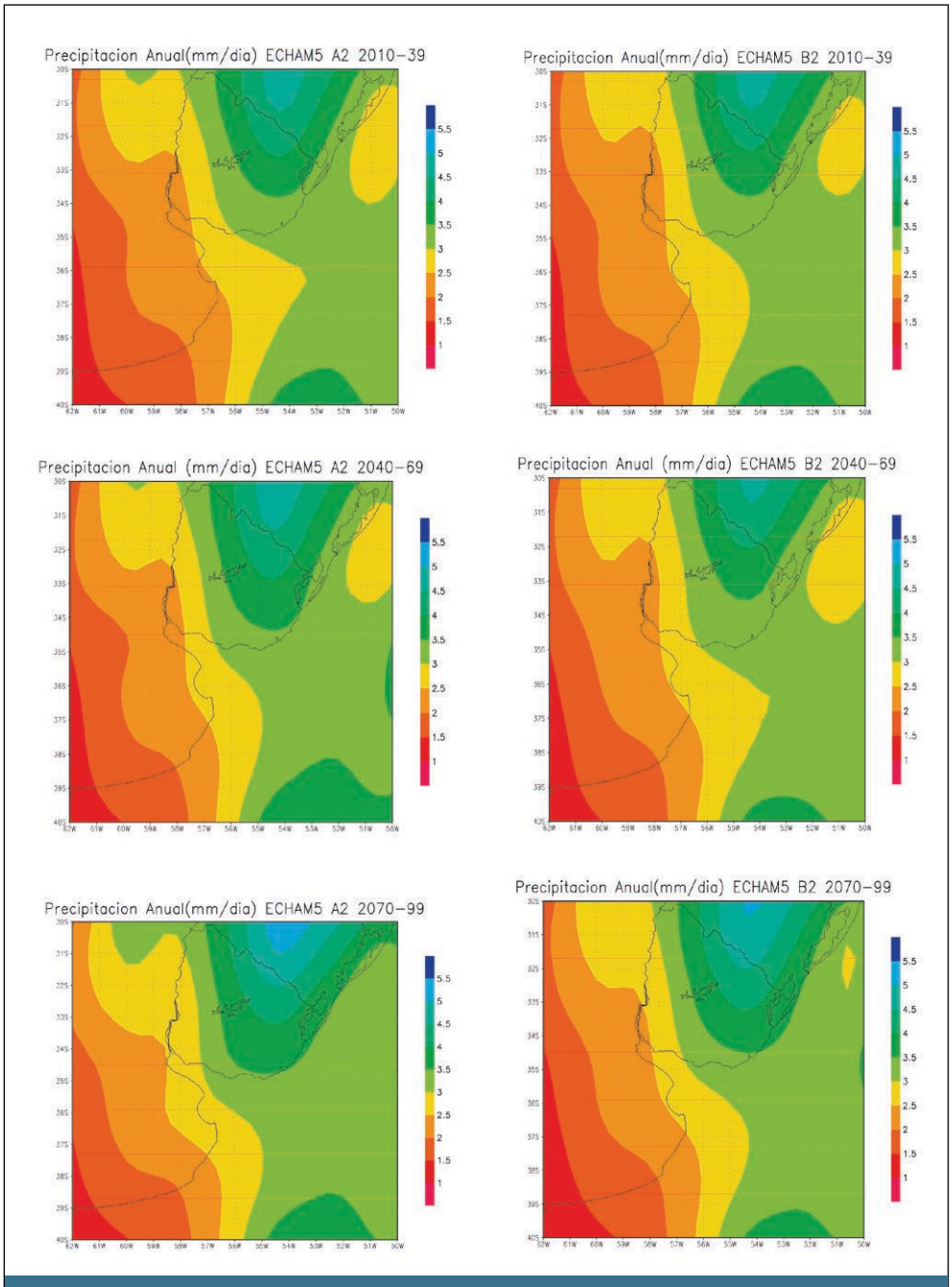


Figura 2.45. Precipitación (mm/día) para 2020. 2050 y 2080 (Modelo ECHAM5 SRES A2 izquierda y SRES B2 derecha).

Aumento de la resolución espacial de los escenarios climáticos (*downscaling*)

La incertidumbre asociada a la determinación de escenarios futuros se ve acentuada al disminuir la escala espacial desde lo global a lo regional y local. Aún en el caso de la temperatura en superficie, cuya tendencia global es evidente, existen regiones del planeta en donde no es significativa y otras en que incluso es negativa.

La determinación del impacto regional del cambio global viene necesariamente asociada a la comprensión de los procesos físicos que relacionan las variaciones globales con las locales, procesos que son de muy diversa índole y que no siempre están adecuadamente modelados. Si bien los modelos climáticos en que se basan los escenarios de futuro simulan el clima en cada punto de grilla del planeta, los valores locales tienen mucha mayor incertidumbre que los promedios planetarios -en donde se produce generalmente cancelación de errores-, tal como se puede estimar de la dispersión de valores entre distintos modelos y simulaciones. Por lo tanto la generación de escenarios climáticos regionales debe responder a una cuidadosa consideración de tendencias observadas, resultados de modelos numéricos y estado del conocimiento respecto a los procesos físicos involucrados.

Para realizar proyecciones sobre el clima, pasando de la escala global a la escala regional, se utilizan técnicas de reducción de escala espacial denominadas downscaling. Dichas técnicas, que pueden ser dinámicas o estadísticas, inevitablemente aumentan la incertidumbre de las proyecciones. Por tanto, las proyecciones del clima sobre Uruguay y más aún aquellas realizadas a escalas menores (por ejemplo: departamentales) tienen mayor incertidumbre que las regionales y globales.

Dentro de las técnicas dinámicas se han realizado experimentos numéricos en Uruguay con el sistema de Modelos de Climas Regionales para Estudios del Impacto (PRECIS, por su sigla en inglés) desarrollado por el Hadley Centre de Inglaterra. Este consiste en un Modelo Climático Regional (RCM, por su sigla en inglés) que es de alta resolución y cubre una región limitada sobre la superficie terrestre. Los RCM están basados en leyes físicas representadas por ecuaciones matemáticas que son resueltas usando una grilla tridimensional. La resolución horizontal del sistema PRECIS es de 50 km latitud por 50 km longitud. Los RCM son modelos físicos, e incluyen la atmósfera y la superficie terrestre que son componentes del sistema climático, además contienen representaciones de los procesos más importantes que se dan dentro del sistema climático (ej., nubes, radiación, lluvia, hidrología superficial). Muchos de estos procesos físicos se dan en escalas espaciales muy pequeñas, que los modelos globales no pueden modelar y resolver explícitamente. Estos efectos son tomados en cuenta usando las llamadas parametrizaciones en las cuales están representados por relaciones entre promedios espaciales o temporales y relacionan los procesos de escala pequeña (por debajo de la escala del grillado) y los provenientes del flujo de gran escala.

La técnica de *downscaling* dinámica consiste en anidar un RCM que disponga de condiciones de inicio, de borde (dependientes del tiempo) y de superficie. Los datos de inicio y de borde son extraídos de los GCM o de re-análisis de observaciones e incluyen el forzamiento por GEI y por aerosoles. La estrategia básica es usar un GCM para simular la respuesta de la circulación global al forzamiento de gran escala y un RCM para tomar en cuenta, de una manera física, los forzamientos por procesos por debajo de la escala de grillado global (ejemplo: topografía compleja y no homogeneidades de la cobertura vegetal) y mejorar la simulación de la circulación atmosférica y de las variables climáticas a escalas espaciales más finas.

La utilización de un solo GCM de base para la construcción de escenarios de alta resolución (***downscaling***) debe tomarse con sumo cuidado debido a las incertidumbres asociadas. El modelo considerado establece los siguientes patrones generales para Uruguay: experimentaría un calentamiento que estaría entre +0,3 a +0,5°C según los escenarios A2 y B2 para la década de 2020, siendo este calentamiento más importante al noroeste del país (departamento de Artigas) y los menores calentamientos al sureste (departamento de Rocha). En la década de 2050 se verificarían calentamientos de hasta +2,5°C en el escenario A2 y de hasta +1,6°C en el escenario B2. La distribución espacial de este calentamiento es igual que el anterior, mayor al noroeste y menor sobre el litoral atlántico del país.

Los cambios en la precipitación prevista para el Uruguay en la década de 2020 serían prácticamente despreciables, mientras que para 2050 el cambio es positivo sobre todo el territorio. Los mayores incrementos en promedio se darían en el escenario A2 y en la década de 2050, con incrementos que podrían llegar a 0,2 mm/día. El escenario B2 muestra incrementos de la lluvia ligeramente inferiores al escenario A2 (hasta 0,1 mm/día sobre Uruguay).

2.8. Consideraciones finales

El Uruguay presentó en la última década un considerable crecimiento económico, comparable al registrado en el periodo entre las dos guerras mundiales y posterior a la segunda.

Este crecimiento se sustenta principalmente en la explotación de sus recursos naturales, particularmente vinculado a la expansión e intensificación de la agricultura, ganadería y forestación.

En el caso de sectores productivos como la ganadería, lechería, agricultura de cereales y fruticultura se constata una importante variabilidad en la producción y en sus rendimientos económicos, en algunos casos asociados a la dinámica del propio sistema socioeconómico y en otros casos a la variabilidad de las condiciones climáticas.

El principal evento climático que afecta todas las producciones antes mencionadas es la sequía. Existe la percepción, en los especialistas y productores consultados, que la frecuencia e intensidad de las mismas se ha incrementado en las últimas décadas más allá de que se lo asocie o no a cambios en el sistema climático global. Sin embargo, la evidencia del registro instrumental no permite confirmar estadísticamente esta percepción.

La evidencia científica sí permite aseverar que el Uruguay y la región han experimentado durante los últimos 10 000 años oscilaciones en sus características climáticas, alternando entre fases frías-secas y cálidas-húmedas. Los análisis estadísticos de la serie instrumental de datos meteorológicos y los principales modelos de cambios climáticos concuerdan, a su vez, en que la trayectoria reciente presenta condiciones crecientemente cálidas y de mayor precipitación acumulada anual, esto último debido fundamentalmente al impacto de una mayor frecuencia de eventos intensos de precipitación. El análisis sistémico indica que el factor clave para el Uruguay es la adaptación de su sistema socioeconómico (a su vez en proceso de profundos cambios) a una creciente variabilidad más que a las tendencias medias esperadas debido al cambio climático.

La variabilidad de la producción en un país aún poco diversificado en términos productivos y extremadamente dependiente de sus recursos naturales, plantea, en el futuro inmediato, grandes desafíos de adaptación y transformación de sus sistemas socio-ecológicos.

El predominio de los análisis uni-sectoriales en el ámbito de la planificación productiva y territorial no permite prever las demandas reales de agua del conjunto de las principales producciones, generando una considerable vulnerabilidad en los años con precipitaciones por debajo de los promedios históricos.

3

Sensibilidad y capacidad adaptativa de los agro-ecosistemas frente a los efectos del cambio climático

Elaborado por Centro Interdisciplinario en Respuesta al Cambio y la Variabilidad Climática de la Universidad de la República (CIRCVC-UDELAR)

Autores:

Ganadería:
Danilo Bartaburu, Hermes Morales, Francisco Dieguez, Carolina Lizarralde, Amparo Quiñones, Marcelo Pereira, Carlos Molina, Esteban Montes, Pablo Modernel, Javier Taks, Fernanda de Torres, Rafael Terra, Gabriela Cruz, Laura Astigarraga, Valentín Picasso.

Lechería:
Laura Astigarraga, Gabriela Cruz, M. Laura Caorsi, Javier Taks, Valentín Picasso.

Agricultura:
Sebastián Mazzilli, Guillermo Siri, Pedro Arbeletche, Valentina Rubio, Pilar Bacigaluz, Javier Taks, Martín García, Gabriela Cruz, Laura Astigarraga, Valentín Picasso.

Arroz:
Camila Bonilla, Gabriela Cruz, Laura Astigarraga, Valentín Picasso

Fruticultura:
Gianfranca Camussi, Victoria Varela, Javier Taks, Gabriela Cruz, Laura Astigarraga, Valentín Picasso.

Vitivinicultura:
Milka Ferrer, Mercedes Fourment, Gustavo Pereyra, Javier Taks, Soledad Contreras, Gabriela Cruz, Laura Astigarraga, Valentín Picasso.

3.1. Introducción

Este capítulo busca contribuir a formular la estrategia sectorial y las propuestas de políticas públicas e instrumentos de adaptación a la variabilidad y el cambio climático, mediante la identificación y evaluación de opciones para la reducción de la vulnerabilidad y la construcción de resiliencia de los principales agro-ecosistemas del Uruguay.

La hipótesis del trabajo es que los agro-ecosistemas productivos del Uruguay se están haciendo más sensibles a la variabilidad climática, por razones tecnológicas, económicas o sociales, lo cual fundamenta un estudio en profundidad de los factores que determinan la sensibilidad y capacidad adaptativa de éstos.

La investigación, coordinada por el Centro Interdisciplinario en Respuesta al Cambio y la Variabilidad Climática de la Universidad de la República (CIRCVC-UDELAR), integra aportes de las Facultades de Agronomía, Ingeniería, Ciencias Sociales, Humanidades y Ciencias de la Educación, así como de otras organizaciones: el Instituto Plan Agropecuario (IPA) y Centro de Investigaciones Económicas (CINVE).

Se estudiaron seis rubros de producción relevantes: ganadería, lechería, agricultura de secano, arroz, viticultura y fruticultura. El análisis incluyó aspectos productivos, ambientales, sociales y económicos. A continuación se presentan los principales resultados del estudio para cada agro-ecosistema así como las recomendaciones que surgen de la investigación. La versión completa de cada informe se podrá consultar en las páginas web de MGAP y FAO.

3.2. Ganadería

MENSAJES CLAVE

- La sensibilidad de los establecimientos ganaderos a la variabilidad climática es muy elevada, como se desprende del estudio de los efectos de las sequías ocurridas durante el último decenio.
- Frente a la variabilidad climática, los encargados de tomar decisiones deben diseñar sistemas (productivos, industriales, de servicios, etc.) flexibles y resilientes que puedan seguir funcionando y recuperarse cuando son afectados por eventos climáticos.
- En situaciones de vulnerabilidad como las que imponen las sequías, sentirse apoyado por una estructura social fuerte es relevante. En tal sentido, las instituciones sociales de diversa índole juegan un rol importante. Asimismo, el conocimiento adquirido en base a la experiencia acumulada o trasmitida por otras generaciones o actores permite que se elaboren protocolos de acción frente a hechos previstos o posibles.
- Los sistemas de gestión de los establecimientos ganaderos que manejan una carga animal ajustada a la producción de forraje son menos sensibles y más resilientes. La disponibilidad de reserva de pasto, por ejemplo, agrega flexibilidad y colabora con aliviar la forma en que se toman las decisiones. Del mismo modo, mantener saldos de caja positivos es relevante para enfrentar eventuales gastos incrementales de suplementación.
- La mejor utilización de información de pronósticos climáticos y la utilización de modelos de simulación en la capacitación de productores y técnicos y en los procesos de toma de decisión se consideran herramientas de alta validez, que es necesario promover. El uso de información satelital y georeferenciada permite monitorear situaciones de déficit de crecimiento de pasturas y desajustes de carga animal para tomar decisiones a tiempo, desencadenar procesos y aplicar herramientas de políticas públicas (como los seguros).

3.2.1. Situación actual y evolución reciente

El sistema ganadero uruguayo basa su alta competitividad en ser pastoril, a cielo abierto y sustentado en las pasturas naturales. Por lo anterior, es evidente la dependencia climática o "grado de exposición", de la producción del campo natural y la producción de carne subsiguiente. A la vez, el campo natural con sus más de 200 especies de pastos, representa una fuente de estabilidad relevante frente a otras opciones forrajeras basadas en pocas especies de menor adaptación que las nativas.

El campo natural –en sentido amplio- cubre más del 70% del territorio nacional, lo que constituye una de las áreas proporcionalmente más extendida de pastizales naturales en el mundo. Este ecosistema es el sustento forrajero de la ganadería extensiva y, por tanto, en su productividad y conservación, se determina el desempeño de toda la industria de carnes rojas en sentido amplio. Además el campo natural provee una serie de servicios ecosistémicos claves, por ejemplo es fuente de biodiversidad, fija carbono, minimiza la erosión y mantiene limpios los cursos de agua, etc. En las últimas décadas el campo natural ha sido parcialmente sustituido por actividades forestales (a partir de 1990) y agrícolas (a partir del 2000), lo que determinó que la ganadería extensiva disminuyera mucho su presencia en los suelos de mayor potencial productivo.

El efecto de la sequía sobre la producción de los animales y los ingresos de los productores es variable según la carga (UG/ha) que haya en el establecimiento. Este riesgo afecta diferencialmente a los distintos tipos de productores, y pareciera que los más pequeños son los más vulnerables: establecimientos de menos de 50 hectáreas en promedio manejan 0,98 unidades ganaderas por hectárea (UG/ha), mientras que en establecimientos de más de 5000 hectáreas el valor es 0,56 UG/ha (MGAP 2012).

Es una característica relevante el perfil exportador de la ganadería de carne y la diversidad de mercados con los que se vincula, especialmente en el último decenio, después de acceder a los mercados no aftósicos. Estos mercados poseen diversas exigencias en cuanto a tipo y calidad del producto, lo que condiciona la forma de crianza de los animales y las tecnologías utilizadas para obtener dichos productos, y es la Cuota 481[1] un buen ejemplo de ello. Un mayor precio recibido por los productores por la venta de vacunos es una señal clara de los mercados, que refleja aumentos de la demanda, básicamente por el aumento del poder adquisitivo de los habitantes de los países en desarrollo.

Estos cambios generaron una fuerte propensión a la intensificación productiva y aplicación tecnológica "porteras adentro". El incremento de la proporción de verdeos anuales, la disminución de las praderas plurianuales (MGAP 2012) y el incremento del uso de la suplementación son ejemplos de ello. Por otro lado, sistemas productivos con condiciones de crianza mejoradas a través del uso de la suplementación y otras tecnologías, se popularizan en la ganadería uruguaya, aún en zonas típicamente "extensivas".

En estas condiciones, otras características del sistema ganadero adquieren mayor relevancia, pues determinan el proceso de adopción, cambio técnico y de adaptación a las amenazas climáticas. Entre ellas, la escala de los establecimientos ganaderos, indica una alta preponderancia numérica de establecimientos ganaderos de pequeña y mediana escala. Según datos del MGAP (2011), de las 24 848 establecimientos ganaderos de carne y lana, solo 6078 (24%) ocupan más de 500 ha. Las explotaciones de menor área presentan una problemática particular en relación a la sensibilidad frente a las amenazas climáticas debido a un perfil con énfasis criador de los sistemas productivos y la alta carga animal con la que habitualmente trabajan.

La importancia social que tiene el sector ganadero, fue una de las razones por las que el Estado instrumentó políticas de apoyo específicas y diferenciadas de estímulo a la adaptación a la variabilidad climática, a través de proyectos con financiación externa tales como: de Producción Responsable (PPR) y Programa Ganadero (PG), entre otros.

Por otro lado, la distribución etaria del sector ganadero muestra un alto porcentaje de productores con más de 50 años y con inconvenientes en la sucesión generacional que afectan la continuidad de la explotación por carencia de sucesores con intención de seguir en el negocio, lo que significa una limitante a la puesta en práctica de opciones de adaptación de impacto en el largo plazo (Malaquín et al. 2012).

La generación de información tecnológica y su posterior circulación por parte de los organismos pertinentes ha carecido en el pasado del énfasis en la adaptación, especialmente si se tiene presente que dichos procesos requieren de una fuerte participación de los actores, dada la necesidad de capturar y valorizar el conocimiento local, y de favorecer comportamientos y actitudes más adecuadas.

1 La Cuota 481 es una disposición de la Unión Europea que permite el ingreso de carne sin aranceles en determinadas condiciones relacionadas al tipo de alimentación y a la edad de los animales.

Es en los últimos diez años que algunas instituciones han incorporado fuertemente metodologías participativas como también herramientas de simulación para favorecer el intercambio de información a todo nivel. El uso de la modelación participativa favorece la producción de enunciados relevantes, creíbles y legítimos en el sentido de Cash et al. (2003). De igual forma, las políticas públicas tradicionalmente no tenían incorporado el criterio de estímulo a la adaptación a la vulnerabilidad climática, sino el de atender el daño ya ocurrido, especialmente en rubros ajenos a la ganadería. Sin embargo, actualmente, se está poniendo un fuerte énfasis en el proceso de adaptación una de cuyas manifestaciones es el presente proyecto.

En las políticas públicas, entre otros elementos, se destaca el fuerte incentivo a fortalecer y empoderar las organizaciones de productores en el entendido de que los actores locales juegan un rol principal a la hora de gestionar la adaptación a los cambios presentes y futuros, entre ellos los generados por el clima y sus amenazas. Por otro lado, también la presencia de la institucionalidad pública en el terreno, articulándose con las organizaciones locales, a través de las Mesas de Desarrollo y los Consejos Agropecuarios (creados por ley), son un instrumento de alta utilidad para desarrollar redes de información y así estimular la circulación de información en doble sentido.

Cuando se analizan las dinámicas ocurridas en las últimas dos décadas, se observa un período de profundos cambios: la tierra se valorizó extremadamente (en seis veces), el stock ovino descendió de 25 a 7,4 millones, el stock vacuno ascendió de 8 a 11 millones, se incrementó notablemente el área forestal y la destinada a la agricultura. En el período revisado, la ganadería tuvo un importante aumento de productividad, que motivó cambios en la composición del stock vacuno - disminuyó la edad de faena- y un incremento significativo de las exportaciones cárnicas, visualizándose una cierta estabilización en los últimos años.

Los productores han intensificado los procesos de recría y engorde pero en la cría, la mayor producción de terneros se da a través de mayor cantidad de vacas entoradas, y no por un aumento de productividad por vaca. La aparición de los encierres a corral como forma de acelerar el proceso final de engorde y liberar áreas para otras actividades productivas ha sido una tendencia que ha estado presente en las últimas décadas.

En los últimos años se ha visto generalizada la actividad de empresas frigoríficas en el engorde a corral. Se estima que ha alcanzado en algunos años al 10% de los animales destinados a faena. En la actualidad, Errea et al. (2011) citan que de acuerdo a un relevamiento primario divulgado por Carne CREA, hay nueve empresas (que implican doce plantas industriales) que cuentan con ganado propio en el engorde a corral, estas plantas son: PULSA, Carrasco, San Jacinto, Solís (BPU), BPU, Marfrig (Tacuarembó, Colonia, Salto, San José), Las Piedras, Lorsinal y Pando.

En resumen, son evidentes los cambios ocurridos a nivel sectorial en los últimos años en relación a una reducción de la superficie ganadera del país, la variación de la composición de la carga animal total (incremento de vacunos y disminución de lanares), el aumento del área de siembra de verdeos anuales, la utilización de alimentos concentrados y una mayor incidencia del engorde a corral. Este conjunto de factores pueden ser causa o consecuencia de las medidas de adaptación que los productores ganaderos procesan en el establecimiento, en respuesta a la sensibilidad a otros factores que operan, adicionalmente a los climáticos. El clima – aunque importante- no es el único motor de los cambios que operan a nivel sectorial y de los establecimientos ganaderos.

Como consecuencia de lo anterior, algunas preguntas que surgen motivadas por este contexto son: ¿Cómo afecta la sensibilidad de la ganadería el incremento en criadores, la reducción en invernadores y la aparición de los engordes a corral? ¿Mejora o empeora la situación esta nueva dependencia de los granos en la alimentación animal? ¿Son más sensibles los productores más chicos, que además tienen más carga animal y en campo natural? ¿La baja de ovinos, es positiva o negativa en la capacidad adaptativa? ¿Las pasturas sembradas y los verdeos dan más estabilidad y resiliencia a los sistemas ganaderos comparados con el campo natural, o por el contrario, las reducen? Las mejoras en la genética animal y de pasturas, y los cambios tecnológicos ocurridos ¿mejoran o reducen la capacidad adaptativa de los sistemas? ¿Los efectos de las sequías explican los bajos porcentajes de destete? Tal vez no sea posible responder estas preguntas en este trabajo, pero orientan y ayudan a la reflexión.

En el estudio de la información estadística de la ganadería, se visualiza con claridad la alta sensibilidad del sector ganadero, especialmente el vacuno, a los eventos climáticos extremos, en tanto ésta depende de la producción forrajera especialmente de las pasturas naturales. El evento climático que incide mayormente son las sequías agronómicas en tanto las ocurridas en 2005-2006, 2008-2009 y otras subsiguientes, provocaron impactos negativos relevantes tanto a nivel sectorial como de los establecimientos ganaderos. En las sequías mencionadas el indicador de tasa de preñez a nivel nacional fue impactado negativamente entre 10 y 15%, la tasa de mortalidad se elevó sustancialmente y adicionalmente se produjo una pérdida de mejoramientos forrajeros. Ello tiene consecuencias en toda la cadena cárnica, que fueron estimadas en el entorno de 342 millones dólares en forma directa y 1026 millones dólares en forma indirecta, totalizando 1368 millones de dólares (MGAP 2010).

Se observa que desde la sequía de 1988 al presente ha ocurrido un importante proceso de aprendizaje, en términos de adaptación a las sequías, que se manifiesta en el uso masivo de suplementos y en propensión a reducir la carga en dicha situación. La alta variabilidad climática y su impacto sobre la producción forrajera y el estado de los animales ha provocado -a lo largo de la historia- una pericia en el monitoreo del sistema ganadero, a través de la recorrida de campo, y en la instrumentación de medidas de adaptación.

La hipótesis principal que asume este trabajo es que los períodos de déficit hídricos extremos o sequías son el principal evento climático adverso que provoca impactos negativos sobre la ganadería y ello será el justificativo más importante para profundizar en este aspecto. Se reconoce que otros eventos climáticos como los excesos de lluvias, inundaciones y heladas impactan negativamente, especialmente sobre el sector ovino, pero se consideran de menor importancia relativa.

3.2.2. Metodología para el estudio de los impactos de la variabilidad climática

A partir de la experiencia del equipo de trabajo, se afirma que la sensibilidad responde a una heterogeneidad de situaciones definidas por diferentes características del establecimiento:

1.- Según la estructura: la ubicación, el tipo de suelo, la proporción de suelos superficiales y profundos, el empotreramiento, la disponibilidad de agua y sombra.

2.- Según el sistema de producción: el tipo de actividad productiva, la carga animal y la composición de la carga animal.

3.- Según las particularidades socio-económicas del productor que inciden directamente en las decisiones estratégicas de adaptación a las sequías (Levrouw et al. 2007).

Es en este último punto donde se entiende que está la mayor riqueza de análisis y donde es posible estudiar tanto la sensibilidad como la capacidad de adaptación de los ganaderos a los eventos externos y ello justifica la metodología de estudio que se plantea en este trabajo.

Las metodologías utilizadas tienen un orden lógico que revisó inicialmente la sensibilidad de la producción forrajera del campo natural, en la fase primaria de una cadena, seguida de la sensibilidad de la producción animal como elemento transformador, en la fase secundaria y, finalmente, la sensibilidad de los establecimientos ganaderos como elemento sintetizador de los anteriores. Esta última fase incluye el análisis de elementos de adaptación que residen en la organización de las personas, primordialmente las familias, en cuanto a la existencia de otras fuentes de ingreso, el nivel de consumo, etc. El estudio se completa con consideraciones a nivel macroeconómico.

Se utilizaron diversas metodologías que incluyen estudiar la variación de la productividad del campo natural a través de la teledetección, la utilización de modelos de simulación, el uso de resultados de los registros físicos-económicos de establecimientos pertenecientes a la base de datos del IPA y se hizo foco en el análisis a nivel de los establecimientos ganaderos o sistema familia-explotación.

En el estudio de la sensibilidad a la variabilidad climática de la producción forrajera del campo natural se utilizó la base de datos generada a partir del convenio entre la Universidad de Buenos Aires (UBA), la Facultad de Ciencias (FCIEN) y el IPA. El seguimiento de la productividad forrajera, se realizó midiéndose la productividad primaria neta aérea (PPNA), mediante teledetección. El sistema brinda datos en tiempo real y por potrero y utiliza información satelital que es traducida a productividad forrajera a partir del croquis de cada campo, tipo de pastura de cada potrero y coeficientes eco-fisiológicos.

Para el estudio de la PPNA del campo natural, se seleccionaron doce establecimientos en basalto y siete establecimientos en sierras del este analizándose la serie de datos desde marzo de 2000 hasta abril de 2012. El área total analizada corresponde a 16 767 ha en el basalto y 1082 ha en sierras del este. Se tomaron como caso de estudio dos establecimientos de basalto: el de mayor PPNA promedio en la serie y el de menor PPNA promedio en la serie (se identifican con basalto profundo y superficial, respectivamente); y los dos establecimientos con igual característica para sierras del este.

Los déficits hídricos se analizaron a través de series —de enero de 1948 a julio de 2012 de precipitaciones de las Estaciones Meteorológicas de la Dirección Nacional de Meteorología (DNM)—, definiéndose períodos de sequía que se relacionaron con la PPNA, para estudiar el impacto de dichos eventos para ambas zonas agroecológicas (basalto y sierras del este).

En el estudio de la sensibilidad se usaron como unidad de análisis y estudio de los establecimientos ganaderos, los registros físico-productivos y económicos de varios años, del programa de Monitoreo de Empresas Ganaderas del IPA[2] (Carpeta Verde). Se seleccionó un conjunto de ellos que está distribuidos sobre las dos zonas agroecológicas consideradas, tienen distintos perfiles productivos (criadores y ciclo completo) y diferente escala, sobre

2 Se denomina Carpeta Verde a la información productiva y económica de establecimientos ganaderos, que es registrada por los propios productores con apoyo de un técnico del IPA e integrada a una base de datos.

los cuales se realizaron estudios de caso y se puso especial atención en aquellos períodos pre y post sequías. Se privilegiaron los estudios sobre aquellos tipos que presentan mayor vulnerabilidad a los efectos climáticos adversos. Se analizaron algunos indicadores físico-productivos tales como el porcentaje de parición y los kilos de carne producidos por hectárea e indicadores económicos como el ingreso neto/ha.

Para explorar el impacto del clima y específicamente de las sequías sobre la producción ganadera a nivel establecimiento-potrero, se utilizó un modelo de simulación biofísico, denominado Modelo de Explotación Ganadera Extensiva (MEGANE) desarrollado por el IPA (Dieguez et al, 2012). Fue creado para simular el funcionamiento de una explotación ganadera extensiva, es decir un sistema de producción ganadera en base a campo natural.

El MEGANE es dinámico, dado que el tiempo es una variable; empírico, ya que reproduce las relaciones entre sus componentes a partir de observaciones experimentales y observaciones directas; y determinístico, porque no se basa en probabilidades (Thornley y France, 2007; Harrington y Tumay, 2000).

Este modelo, profundiza en la interacción entre el pasto y los animales e incorpora la información de la tasa de crecimiento de las pasturas. También, permite hacer variar el componente clima y así simular su efecto sobre la tasa de crecimiento de pasturas y la producción animal (ganancia de peso, preñez).

El MEGANE fue diseñado para ser utilizado como herramienta de apoyo a la toma de decisiones. Éste tiene sus antecedentes en el "modelo sequía" (Bommel et al. 2013) elaborado en forma participativa, donde para simular los posibles efectos de la sequía se contrastan dos situaciones-lógicas de manejo de la explotación. Bartaburu et al. (2009), Corral y Calegari (2011) y Morales et al. (2012) brindan más información sobre el desarrollo del modelo participativo.

3.2.3. Resultados

Producción de pasto

Los objetivos de esta sección son: a) caracterizar la variabilidad temporal y espacial de la Productividad Primaria Neta Aérea (PPNA) del campo natural en basalto y sierras del este, b) identificar y caracterizar los eventos de déficit hídrico (momento, intensidad, duración) y de mínimo crecimiento del recurso forrajero, y c) identificar el impacto de la sequía en la producción de campo natural.

La producción de pasto anual y estacional es conocida para ambas zonas del país. Valores medios y sus desvíos están bien caracterizados, por lo cual únicamente se rescatan algunos comentarios. El comportamiento estacional de la PPNA es similar en ambas regiones y presenta sierras del este registros superiores, especialmente en los valores máximos (Fig. 3.2.1 y 3.2.2). El mes de mayor PPNA promedio es noviembre y en enero se registran los mayores valores de la serie, en tanto que junio es el mes de menor registro. El período más estable de producción (menor desvío) es de mayo a setiembre para basalto y de mayo a octubre para sierras del este, esta última región presenta menor variabilidad en la producción.

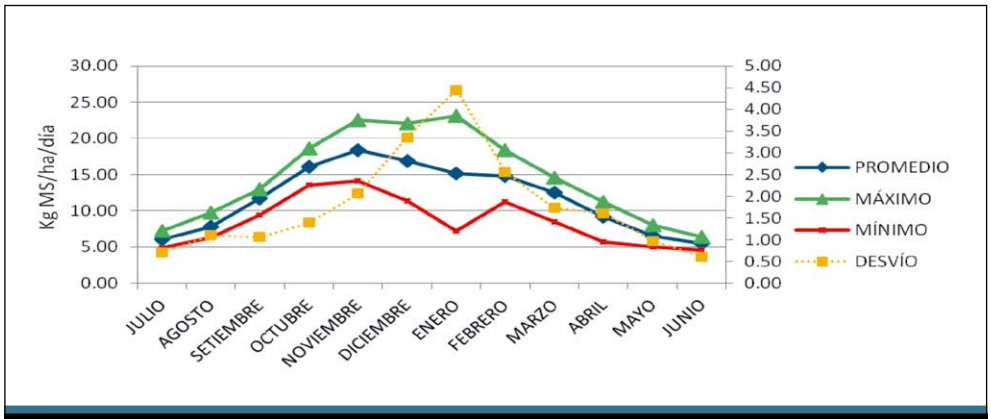


Figura 3.2.1. PPNA promedio de establecimientos de basalto: valores máximos, mínimos y desvío estándar

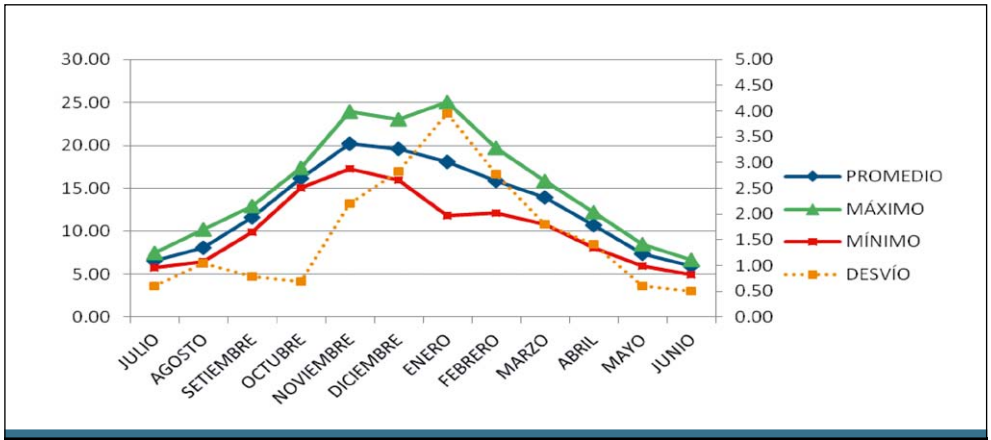


Figura 3.2.2. PPNA promedio de establecimientos de sierras del este: valores máximos, mínimos y desvío estándar

Tabla 3.2.1. PPNA promedio diario y total anual para las dos regiones y los establecimientos de referencia

	Basalto		Sierras del Este	
	PPNA Promedio (Kg MS/ha/d)*	PPNA Anual (Kg MS/ha/ año)**	PPNA Promedio (Kg MS/ha/d)	PPNA Anual (Kg MS/ha/ año)
Región	11.71	4275	12.84	4686
Establecimiento de mayor PPNA	12.05	4398	14.50	5294
Establecimiento de menor PPNA	10.78	3936	10.84	3955
Diferencia entre Sup – Inf (%)		11		25

* *Kilo por materia seca por día*

** *Kilo por materia seca por año*

Tanto en sierras del este como en basalto en primavera-verano se produce el 66% de la PPNA, resultan así estaciones claves para la generación de forraje. Esta distribución es similar para los cuatro establecimientos de referencia y las dos regiones analizadas. La estación de mayor potencial es el verano, pero a su vez la variabilidad de la producción (coeficiente de variación) también es mayor y ocurre exactamente lo contrario con el invierno. Estos aspectos, que se corresponden con la variabilidad asumida como "normal", son de alta relevancia en cuanto al impacto que puede tener un período de déficit hídrico en la producción de pasto del sistema y las consecuencias en la producción animal. Períodos de déficit hídricos ubicados en primavera-verano, tendrán mayor impacto que aquellos ubicados en otoño-invierno.

Cuando se analiza el comportamiento de la variabilidad mensual de la PPNA (con respecto al promedio) a lo largo de los años, en ambas regiones es similar (Fig.3.2.3). Dentro de los meses cálidos, de mayor crecimiento, se destacan como eventos negativos muy intensos: las primaveras y veranos de 2008-2009 y 2005-2006, el verano 2007-2008, y las primaveras y verano 2010-2011 y 2011-2012. En cuanto a los años con crecimiento superiores: la primavera-verano 2002-2003, los veranos 2003-2004 y 2009-2010.

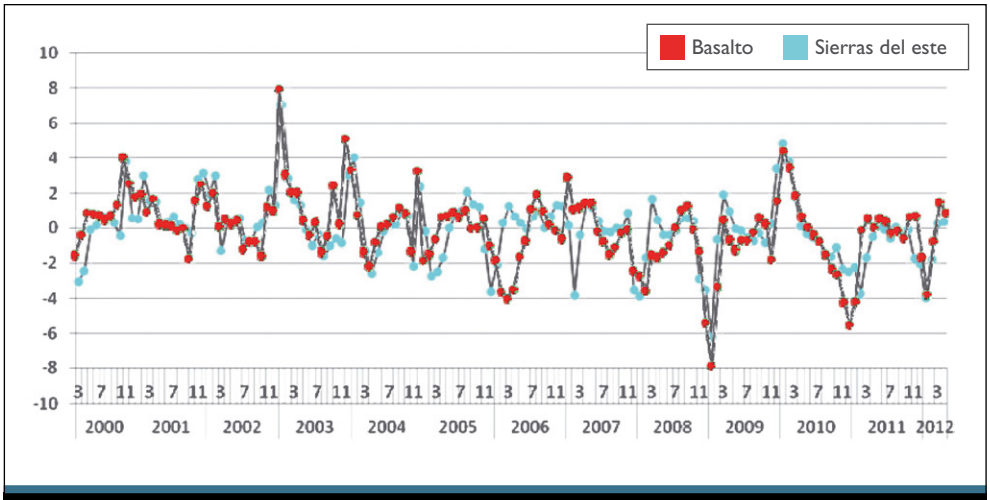


Figura 3.2.3. Diferencia entre el valor mensual y el promedio para basalto y sierras del este. (Kg MS/ha/día)

Analizando todo el período de 12 años, es posible observar el primer quinquenio con valores mayores y menos variables de PPNA, especialmente claro para la región basáltica (Fig. 3.2.4 y 3.2.5).

Si se analiza para los establecimientos de referencia, la ubicación en el tiempo de los eventos negativos y positivos coincide con los mencionados para las regiones respectivas. Si se comparan los dos establecimientos se observa que el período de déficit de 2005-2006 fue más intenso en el establecimiento de menor producción. En 2007-2008 si bien ambos establecimientos vieron mermada su producción con respecto al promedio, la intensidad fue notoriamente contrastante: en el establecimiento de menor producción fue más corto y moderado, mientras que en el establecimiento de mayor producción el déficit comenzó en

verano del 2007 y continuó hasta comienzos del otoño del 2009. En 2010-2011 también fue más intenso el déficit de crecimiento para el establecimiento de mayor producción.

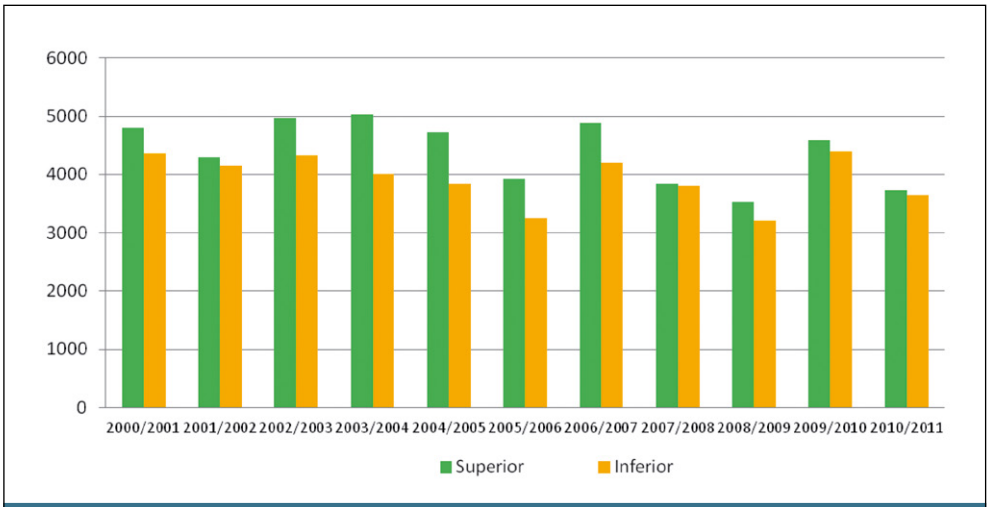


Figura 3.2.4. PPNA Anual (Kg MS/ha/año) para el establecimiento de inferior y superior PPNA de basalto

En basalto las diferencias entre establecimientos se acentúan en los años muy buenos (2002-2003, 2003-2004, 2006-2007). En los años con baja producción el valor obtenido es muy semejante en 2007-2008, 2008-2009, 2010-2011, pero en 2005-2006 se registró un comportamiento contrastante. Cuando se presentan buenas condiciones de crecimiento de la pastura, los establecimientos con suelos profundos en basalto expresan un mayor potencial productivo. Cuando aparecen limitantes para el crecimiento vegetal (como un déficit hídrico) las producciones de pasto tienden a igualarse.

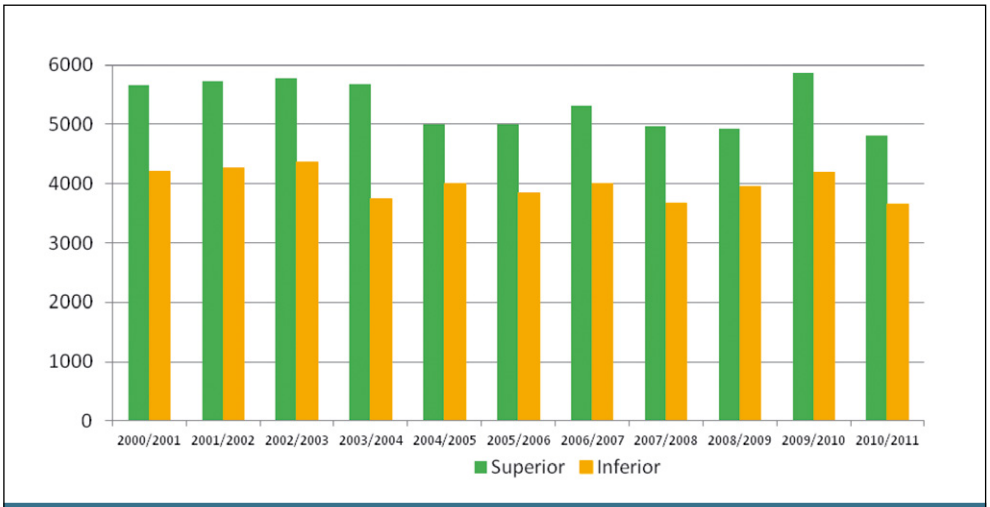


Figura 3.2.5. PPNA Anual (Kg MS/ha/año) para el establecimiento inferior y superior de sierras del este

En esta región, en ningún año se igualan los valores de producción entre los establecimientos de superior e inferior PPNA. El establecimiento menos productivo es más estable en el tiempo, se presenta valores de producción del entorno de los 4000 kg MS/ha/año (+/- 200 kg MS). En cambio el establecimiento más productivo presenta valores de 4800 a 5800 kg, lo que determina una amplitud de producción de 1000 kg MS/ha/año.

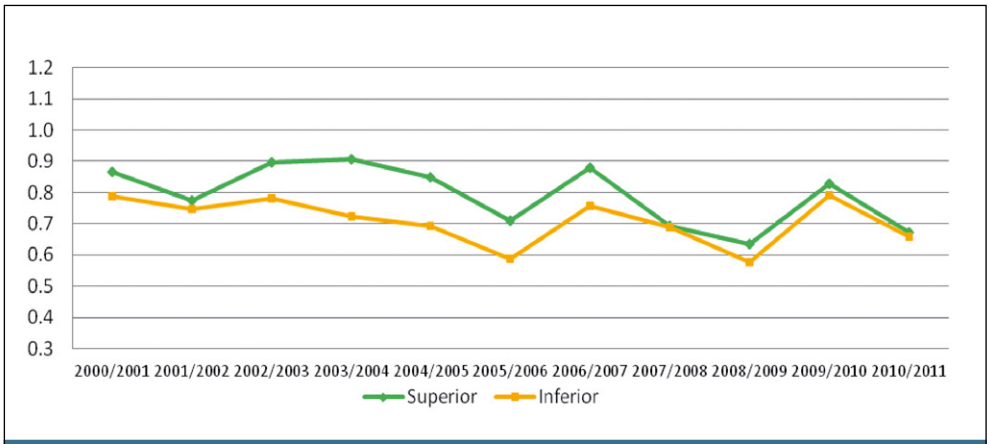


Figura 3.2.6. Evolución de la capacidad de carga anual (UG/ha/año) para los establecimientos de referencia de basalto

En el establecimiento de mayor PPNA de basalto la dotación varía de 0.9 a 0.65 UG/ha, en el menor PPNA de 0.8 a 0.6 UG/ha. De 2002-2003 a 2006-2007 la diferencia entre los establecimientos es clara, a partir de 2007-2008 la evolución de la capacidad de carga es muy similar (Fig.3.2.6).

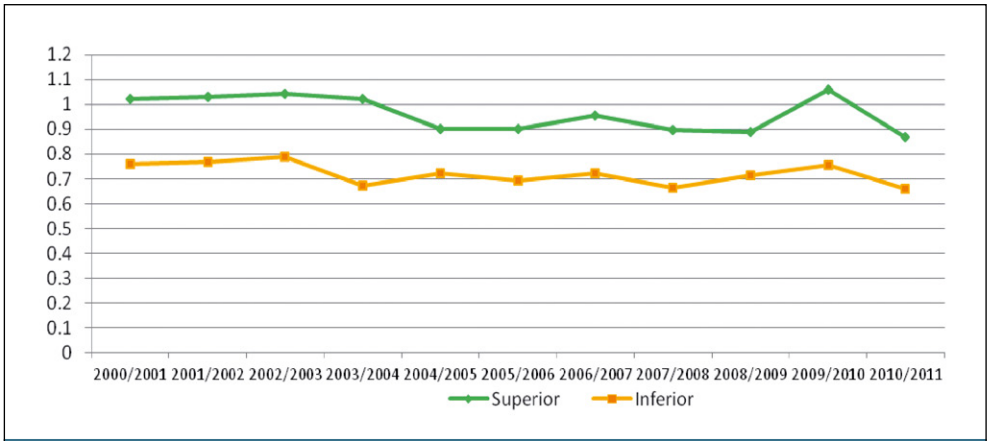


Figura 3.2.7. Evolución de la capacidad de carga anual (UG/ha/año) para los establecimientos de referencia de sierras del este

En el establecimiento de mayor producción forrajera en sierras del este la capacidad de carga varía de 1 a 0,86 UG/ha, en el de menor de 0,8 a 0,65 UG/ha. En esta variable también se observa una evolución, bastante "paralela" de la capacidad de dotación (Fig.3.2.7). En ambas figuras, se presenta la capacidad de carga animal (UG/ha) calculada en base a la PPNA anual. Ello no refleja la variabilidad estacional y mensual, que es de mayor magnitud que la anual.

Del análisis general de la variabilidad interanual e intranual en la PPNA, se desprende que para la zona basáltica puede oscilar entre 3200 a 5000 kg de MS/ha/año, y 3700 a 5800 kg de MS/ha/año para sierras del este, que varía con los años y el establecimiento. Por tanto, la capacidad de carga animal de los establecimientos varía sustancialmente de año en año. Ello hace que la promoción de la utilización de la carga animal segura o sustentable, que se corresponde con la producción promedio de pasto a lo largo de los años, evite períodos de baja producción por animal.

La heterogeneidad espacial de los establecimientos, hace que aquellos con mayor proporción de suelos profundos tengan un potencial de PPNA también sustancialmente mayor, pero que en situaciones de limitaciones extremas al crecimiento vegetal por déficit hídrico tienden a igualar la producción con aquellos de suelos más superficiales. Esto se presenta claro para la zona basáltica, pero no para sierras del este, donde siempre se mantienen las diferencias.

La estacionalidad de la PPNA es muy alta, respondiendo a los factores de crecimiento vegetal, presentándose valores máximos en primavera y verano y mínimos en invierno. Por otro lado, la variabilidad de la PPNA es máxima en verano y mínima en invierno.

La primavera y el verano acumulan el 66 % de la PPNA anual para ambas zonas agroecológicas, lo que evidencia la importancia de dicho período. A la vez, la ocurrencia de eventos que afectan la PPNA en esos períodos impactará -de manera significativa- el sistema, y es el verano la estación de mayor relevancia. Se destacan como eventos negativos muy intensos las primaveras y veranos de 2005-2006 y 2008-2009, el verano 2007-2008, y las primaveras y veranos 2010-2011 y 2011-2012. En cuanto a los años con crecimiento superiores se destacan la primavera-verano 2002-2003, los veranos 2003-2004 y 2009-2010.

Variabilidad de las precipitaciones

Si bien la PPNA es una variable que refleja tanto las condiciones climáticas, edáficas, botánicas y de manejo, en el marco de este proyecto se intenta cuantificar el impacto de las sequías en la producción de pasto, en tanto fue identificada como la amenaza climática de mayor relevancia para los sistemas ganaderos. Para ello se consideró conveniente estudiar las precipitaciones para dos zonas de basalto, y de esta forma corroborar la relación entre la PPNA y las precipitaciones. En ambos casos se constata la gran variabilidad inter e intranual de las precipitaciones y también que los desvíos positivos son mucho mayores que los negativos. Se identificaron déficits en todas las estaciones pero en los eventos que se registraron en otoño-invierno la intensidad de los déficit de lluvias fueron mucho menores. En ambas zonas se destacan el déficit de lluvias en los períodos 2005-2006, 2007-2008, 2008-2009 y 2010-2011. El evento más extremo de déficit de registros pluviométricos, tanto en duración como en intensidad, se registró en el pluviómetro de Salto, con una duración de 20 meses, ocurrido entre noviembre de 2007 y julio 2009.

Por otro lado, se caracterizaron los eventos de mínimo crecimiento del campo natural (PPNA), también denominado "períodos de déficit de pasto", para los establecimientos superior e inferior de basalto. Existen tres períodos que resaltan sobre el resto, éstos ocu-

rrieron en: setiembre 2005 a junio del 2006, con diez meses de duración; diciembre 2007 a julio 2009, con 20 meses de duración; y agosto 2010 a abril 2011, con nueve meses de duración.

Períodos en que se registran déficits de precipitaciones y de forraje: sequías agronómicas

Dado que la PPNA es fuertemente influida por factores climáticos, especialmente temperatura y precipitaciones, se realiza la correspondencia entre los períodos de escaso crecimiento de forraje y de déficit de precipitaciones. En las Tablas que se presentan a continuación se muestran la concordancia entre períodos de déficit hídrico y de crecimiento de pasto. En un mismo color se agrupan los eventos en los que hay una fuerte concordancia entre el déficit de pasto y escasez de lluvia.

Los criterios que se establecieron para definir la información, que se presenta en las Tablas, son los siguientes:

a) El número identifica el evento donde concuerdan períodos de déficit de precipitaciones y crecimiento de pasto.

b) La duración explicita el número de meses en que perduró el evento.

c) Inicio y fin, define las fechas (mes y año) de inicio y final del evento.

d) La intensidad expresa el valor absoluto resultante de la suma de las diferencias entre el valor mensual registrado (precipitaciones o PPNA) y la mediana de ese mes.

e) La tipología caracteriza el evento con la existencia de un mínimo de tres o seis meses corridos de registros de precipitaciones o PPNA por debajo del percentil 25 o el percentil 50 (mediana).

Tabla 3.2.2. Períodos en que coinciden el déficit de lluvia y la reducción de PPNA para el establecimiento de más producción de basalto

PPNA							Precipitaciones						
Nº	Duración (meses)	Inicio	Fin	Intensidad	Tipología	Estación	Nº	Duración (meses)	Inicio	Fin	Intensidad	Tipología	Estación
4	10	set-05	jun-06	16.6	6.25	P-V-O-I	5	3	oct-05	dic-05	117.9	3.5	P-V
							6	4	feb-06	may-06	174.6	3.5	V-O
7	20	dic-07	jul-09	50.7	6.25	V-P-O-I-P-V-O-I	9	15	nov-07	ene-09	442.45	6.5	P-V-O-I-P-V
							10	5	mar-09	jul-09	165.6	3.5	O-I
8	9	ago-10	abr-11	23.5	6.25	I-P-V-O	11	4	oct-10	ene-11	165.7	3.5	P-V
9	3	dic-11	feb-12	8.4	3.5	V	12	3	nov-11	ene-12	90.05	3.5	P-V

Pluviómetro de referencia: Salto

Tabla 3.2.3. Períodos en que coinciden el déficit de lluvia y la reducción de PPNA para el establecimiento de menor producción de basalto

PPNA						Precipitaciones							
Nº	Duración (meses)	Inicio	Fin	Intensidad	Tipología	Estación	Nº	Duración (meses)	Inicio	Fin	Intensidad	Tipología	Estación
2	6	mar-04	ago-04	7.3	6.25	O-I	2	8	may-04	dic-04	203.44	6.5	O-I-P-V
4	7	dic-05	jun-06	23.3	6.25	V-O-I	3	4	feb-06	may-06	97.4	3.5	V-O
5	3	jul-07	set-07	1.3	3.25	I-P	5	4	jun-07	set-07	119.35	3.5	I-P
6	6	dic-07	jun-08	5.8	6.5	V-O-I	6	4	mar-08	jun-08	215.1	3.5	O-I
7	5	nov-08	mar-09	28.7	3.25	P-V-O	7	4	set-08	dic-08	161.05	3.5	P-V
8	10	abr-10	ene-11	13.1	6.25	O-I-P-V	9	6	ago-10	ene-11	225.85	6.5	I-P-V
10	2	dic-11	feb-12	7.26	3.5	V	10	3	nov-11	ene-12	128.45	3.5	P-V

Pluviómetro de referencia: Paso de los Toros

Para ambos establecimientos se definen eventos que se caracterizan por una coincidencia de déficit de precipitaciones y crecimiento de pasto (PPNA) de variada duración (de 3 a 20 meses) e intensidad.

Por otro lado, en ambos predios existen períodos identificados de bajos valores de PPNA en los cuales el déficit de crecimiento de pasto se inicia en forma previa al déficit de precipitaciones, lo cual indica que el PPNA responde también a otras variables que afectan el crecimiento vegetal (luminosidad, temperatura, etc.).

Balances hídricos

En las Figuras 3.2.8 y 3.2.10 se presenta una de las variables de salida de los balances hídricos, la Evapotranspiración Real (ETR), que estima la cantidad de agua cedida por el suelo a la atmósfera. También se muestra la evolución de la cantidad de agua almacenada en el suelo (Fig. 3.2.9 y 3.2.11).

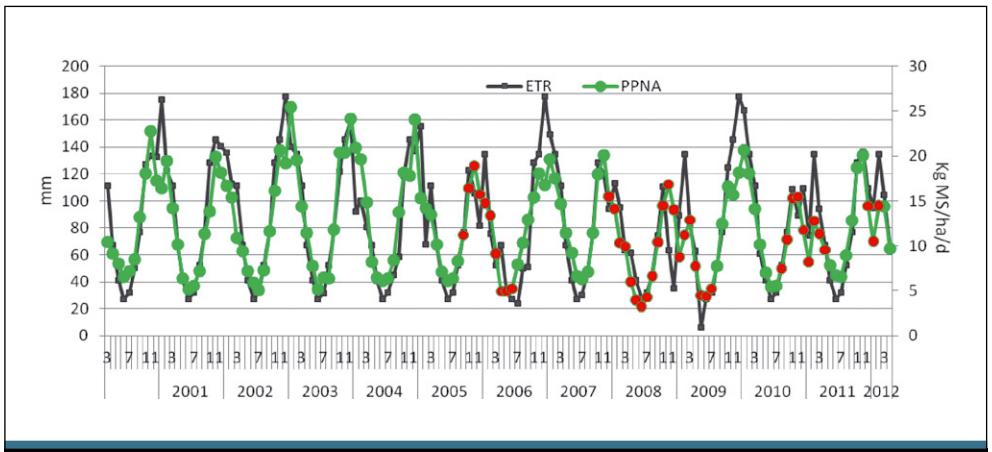


Figura 3.2.8. Evolución de la ETR (mm) y la PPNA (Kg MS/ha/día) en el establecimiento de mayor producción de basalto

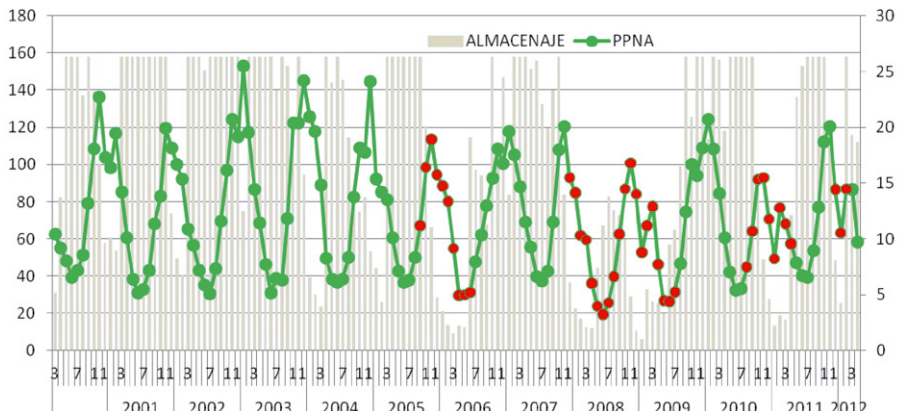


Figura 3.2.9. Evolución del almacenaje del suelo (mm) y la PPNA (Kg MS/ha/día) en el establecimiento de mayor PPNA de basalto

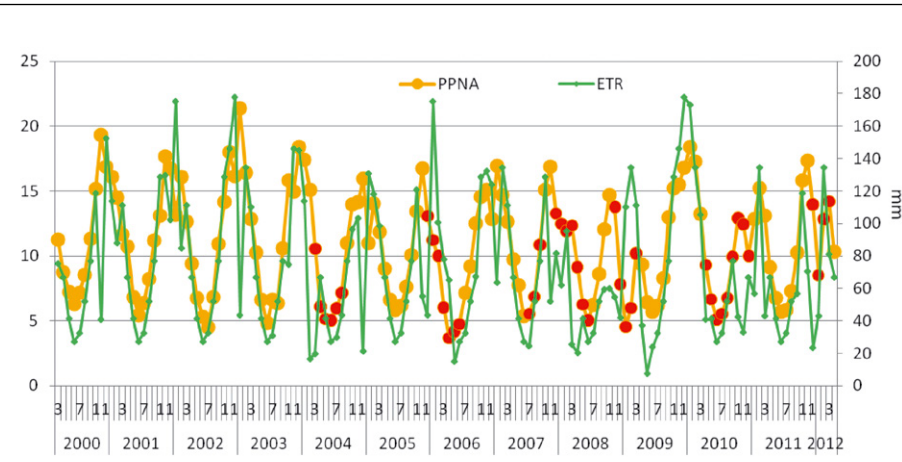


Figura 3.2.10. Evolución de la ETR (mm) y la PPNA (Kg MS/ha/día) en el establecimiento inferior de basalto

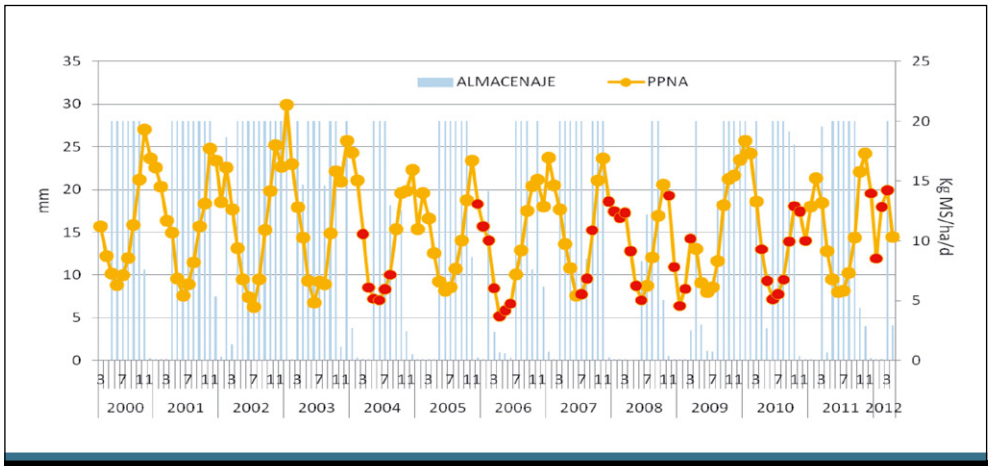


Figura 3.2.11. Evolución del almacenaje del suelo (mm) y la PPNA (Kg MS/ha/día) en el establecimiento inferior de basalto

En los dos establecimientos la evolución de la PPNA y de la ETR es muy semejante. El establecimiento de basalto superficial tiene suelos de poca profundidad y capacidad de almacenaje de agua. La regresión lineal entre ETR y PPNA para el establecimiento de mayor producción en basalto, arrojó un R^2 de 0,75, sin embargo, para el establecimiento de menor producción en basalto, arrojó un valor de 0,39. Es decir, en el establecimiento de basalto profundo la correlación entre la ETR y PPNA es muy fuerte y es más débil en el basalto superficial.

Impacto de la sequía en la producción de campo natural

Las sequías ejercen una depresión en la PPNA muy importante, independientemente de las características edáficas. Relacionando los kilos de pasto perdidos (con respecto a los años buenos) con el consumo de las vacas de cría (7,4 kg MS/día) en los eventos más extremos, se puede llegar a perder entre media y una ración por hectárea por día. Si se relaciona con la producción de pasto promedio, las pérdidas se aprecian en la Tabla 3.2.4.

Tabla 3.2.4. Pérdidas de producción por déficit hídrico en ambos establecimientos del basalto en relación a la producción promedio

Establecimientos	Pérdida producción (kg MS/ha/estación)	Pérdida producción (kg MS/ha/día)	Pérdida de Capacidad de Carga animal (UG/ha)
Establecimiento Profundo Verano	329	3,6	0,49
Establecimiento Superficial Verano	298	3,2	0,45
Establecimiento Profundo Primavera	134	1,45	0,20
Establecimiento Superficial Primavera	157	1,7	0,23
Establecimiento Profundo Otoño	189	2,05	0,28
Establecimiento Superficial Otoño	141	1,53	0,21
Establecimiento Profundo Invierno	103,8	1,13	0,15
Establecimiento Superficial Invierno	47,1	0,511	0,07

Las deficiencias hídricas impactan negativamente en la PPNA de todas las estaciones, pero los efectos mayores se registran en primavera-verano-otoño y aún dentro de ellas, el verano tiene significativamente mayor importancia con más relevancia en el mes de enero. Las pérdidas de producción de pasto por déficit hídrico en el suelo, en términos absolutos, son de igual significación en primavera que en otoño y notablemente inferior en invierno.

Debe considerarse que esta información refiere a la tasa de crecimiento de pastura y, por tanto, no necesariamente implican crisis de forraje ya que dependerá de la disponibilidad de éste. En establecimientos donde previamente se acumule forraje en pie, los efectos de los déficits hídricos serán menores y comenzaran más tardíamente.

3.2.4. Impactos productivos ante la sequía

Cuando se analizan situaciones de los establecimientos ganaderos, la sequía tiene impacto a distintos niveles, como: pastura, rodeo y resultado económico; pero a la vez los indicadores resultantes son reflejo de la interacción entre la sensibilidad del sistema y la capacidad de adaptación de éste. La sensibilidad del sistema ganadero a la variabilidad climática fue estudiada a partir de registros físicos-económicos de diez establecimientos de la región de basalto y sierras del este. La información fue analizada a través de la metodología cualitativa.

Impacto de las sequías en la parición vacuna y la producción de carne

Del análisis de la información del porcentaje de parición del conjunto de establecimientos ubicados en las dos zonas agroecológicas de mayor riesgo a las sequías, se puede concluir que las sequías afectan de manera importante este indicador productivo: son normales los descensos del porcentaje entre 10 y 30%, con valores máximos extremos de 45%.

La alta variabilidad en el impacto de las sequías sobre la parición vacuna depende de las situaciones de los establecimientos ganaderos, más específicamente de la carga animal y su ajuste a la capacidad de carga sustentable, como también de otros factores vinculados a la capacidad de adaptación. Establecimientos que trabajan con cargas animales muy excedidas, en relación a la carga animal sustentable o segura, ven más afectados los indicadores de preñez y de producción de carne vacuna.

La producción de carne por hectárea es otro indicador importante que refleja la eficiencia biológica del sistema y sintetiza la producción animal individual y la carga animal, aunque existen compensaciones internas dentro de ciertos rangos de ambas variables. Para las zonas agroecológicas estudiadas, este indicador se ve afectado negativamente por efecto de las sequías. Sin embargo, el grado de afectación y la duración de dicho efecto son muy variables, y dependen de la capacidad de adaptación de los establecimientos, entre otros: la relación lanar-vacuno, el nivel de extracción de ganado, etc. Los establecimientos que operan con cargas animales y relaciones lanar-vacuno altas compensan mejor los descensos de producción de carne vacuna, dada la capacidad de adaptación del lanar a las condiciones de déficit forrajero.

Impacto de las sequías en los resultados económicos

En lo que refiere al ingreso neto, se observa un amplio rango de variación de resultados en los establecimientos, debido a que es un indicador que sintetiza la produccion física, los

precios unitarios y los costos. Por tanto, se considera que este indicador no es de buena calidad para observar la sensibilidad de los establecimientos ganaderos a la variabilidad climatica y las sequías. A modo de ejemplo, la fuerte caída del ingreso neto del ejercicio 2008-2009 se debe a los efectos del descenso en la produccion física como consecuencia de la sequía pero también –y de manera importante- a la caída de precios ocurrida en dicho período, respuesta de la crisis económica.

Tomando en consideración los recaudos citados previamente, es posible concluir que ocurren importantes descensos de los ingresos netos/ha en las dos sequías importantes ocurridas en el período analizado. Haciendo una mirada comparativa de los diferentes establecimientos, los de ciclo completo y con estrategias de trabajar con carga ajustada, parecerían tener una mayor estabilidad en el comportamiento del indicador ingreso neto frente a los que trabajan con cargas animales altas y/o criadores, que parecen ser los más afectados, debido a la menor flexibilidad de adaptación. Los establecimientos con perfil recriador presentan mayor flexibilidad frente a las variaciones de clima y mercado y pueden aprovechar oportunidades comerciales generadas por las caídas de precios. El criterio de flexibilidad y estabilidad parecen influir marcadamente en los resultados económicos.

Según estudios sobre el Indicador de Robustez (IR), por el que se entiende la cantidad de perturbación que un sistema tolera, se realizaron análisis comparativos de todos los establecimientos y para ello se seleccionaron indicadores productivos y económicos (Picasso et al., 2011 y 2013). Valores mayores que uno indican que en el año de sequía se obtuvieron valores más altos que en la media y valores menores a uno lo contrario. En todos los casos, los resultados confirman las conclusiones más arriba expresadas. El porcentaje de parición se ve afectado negativamente por efecto de la sequía (valores inferiores a uno) y los criadores presentan menor robustez que los restantes. Dentro de los criadores, los casos de mayor carga tienen menor robustez que los de carga media y baja. El menor valor de robustez se encuentra en los establecimientos criadores de alta carga (robustez = 0,7). La producción total de carne también se ve disminuida, en todos los casos (valores inferiores a uno), por efecto de la sequía, sin embargo es dificultoso comparar entre diferentes establecimientos y actividades productivas, dada las características de compensación que se manifiestan. En cuanto a la mortandad, en términos generales los establecimientos criadores duplican su índice, es decir que se manifiestan valores de mortandad muy superiores. La tipificación también fue utilizada para observar cuan robustos son los establecimientos frente al resultado económico.

En lo que se refiere a otros indicadores económicos, los establecimientos con cargas medias y altas aumentan su relación insumo-producto bajo condiciones de sequía y son los criadores los que presentan el mayor indicador. Parecería que el establecimiento invernador y el recriador-invernador logran tener mejor comportamiento que los criadores con respecto al ingreso neto, seguramente como resultado de la mayor flexibilidad frente a situaciones de perturbaciones climáticas y eventualmente el aprovechamiento de oportunidades comerciales específicas generadas por las propias sequías. El indicador de robustez para el precio del kilo vendido puede ser una señal de ello.

A excepción del establecimiento criador de baja carga, todos los establecimientos aumentan su costo de carne producida en condiciones de sequía. Finalmente, la actividad de cría y la utilización de cargas animales elevadas parecen determinar menor robustez para enfrentar perturbaciones climáticas, tanto en los aspectos físicos como económicos.

3.2.5. Incidencia del manejo del rodeo de cría frente a escenarios de cambio climático

En esta sección se busca mostrar la incidencia del manejo del rodeo de cría frente a escenarios de cambio climático –con énfasis en episodios desfavorables como sequías-, y se muestran los posibles impactos sobre resultados productivos y reproductivos, utilizándose el modelo de simulación MEGANE.

Se plantearon dos situaciones contrastantes en el manejo del rodeo, para evidenciar posibles manejos adecuados del rodeo, de modo de minimizar el impacto de efectos adversos para el crecimiento de la pastura (básicamente sequías). Se simularon entonces dos estrategias: proactiva (definida como productor que: Mira Pasto-MP) y reactiva (definida como productor que: Mira Ganado-MG).

Estas estrategias están de acuerdo con estudios de campo realizados por la Regional Litoral Norte, del IPA. Bartaburu et al. (2009) y Corral y Calegari (2011) presentan en detalle las estrategias contrastantes antes mencionadas, pero en síntesis, en la estrategia proactiva (MP) representa a un productor que maneja una carga moderada, generalmente con una buena oferta de forraje, se mantienen los animales en buen estado y el entorando es en primavera-verano. En esta estrategia las decisiones se toman de acuerdo a la oferta de forraje. Estos productores que trabajan con cargas medias a bajas generalmente tienen más superficie. En forma opuesta, la estrategia reactiva (MG) representa a productores con menor superficie explotada, con cargas animales elevadas, donde el estado de los animales es inferior y menor la oferta de forraje. El entore es en verano. Las decisiones en esta estrategia se toman en función del estado de los animales.

Cabe destacar que en el presente informe se realizaron simulaciones anuales, con diferentes situaciones de inicio y escenarios climáticos, pero no se plantearon reacciones de ningún tipo durante el desarrollo de las simulaciones por lo que no se consideran reducciones en el número de animales, medidas de suplementación, arrendamiento de tierras para pastoreo u otras medidas que apunten a reducir la carga animal en la explotación simulada.

Los resultados evaluados en las simulaciones realizadas, para comparar estrategias, fueron el porcentaje de preñez (% Preñez; rodeo de cría vacuno) y la ganancia de peso vivo por hectárea (Gan Kg/ha; recría vacuna), para ambos manejos y con diferentes escenarios climáticos, que afectan la tasa de crecimiento del pasto, utilizándose datos de crecimiento de pasto pertenecientes a un establecimiento representativo del basalto (basalto 1).

Las situaciones climáticas seleccionadas para realizar las simulaciones contrastantes entre manejos corresponden a:

a) un escenario de "año bueno" (2000-2001) con coefClima > 1 (1,25),

b) un escenario de "año promedio" con coefClima = 1 en todos los meses de la serie, y

c) un escenario de "año malo" (2005-2006) con coefClima <1 (0,85) en la mayor cantidad de meses consecutivos de la serie.

Con estos tres ambientes climáticos (año bueno, promedio y malo) se realizaron las simulaciones en las dos estrategias de conducción del rodeo (proactivo y reactivo) en dos categorías animales (cría y recría), donde los resultados evaluados fueron el porcentaje de preñez (%Preñez para la cría) y la ganancia de peso por hectárea (GanKg/ha en la recría).

Cuando se analizan los resultados simulados en "años promedios", el efecto de una u otra estrategia en el resultado de preñez y la producción de carne es evidente. La estrategia proactiva (MP), al trabajar con animales más pesados, menos dotación total y mayor cantidad de pasto, logra una preñez de 93% en el año de clima promedio (44% superior a la estrategia reactiva) mientras que la producción de carne de un sistema recriador alcanza los 116 kg de carne/ha, comparativamente con los 68 kg logrados por la estrategia reactiva coincidente con los promedios nacionales.

Cuando se simulan "años buenos" (2000-2001) el porcentaje de preñez aumentó en 17% con respecto al año promedio en la estrategia reactiva. En la estrategia proactiva, los resultados de preñez aumentaron en 3%, lo que indica que en esta estrategia de conducción del rodeo de cría, en el año promedio se está llegando a valores máximos logrables por el sistema. Cuando se analiza la información de simulaciones en recría (producción de carne), en ambas estrategias existió un aumento en la GanKg/ha (+23 y +16 kg/ha para las estrategias reactiva y proactiva, respectivamente). Sin embargo, tanto la ganancia individual como la Gan PV/ha son mayores en la estrategia proactiva (MP), al igual que ocurría en el clima promedio (coefClima=1).

En "años malos" (2005-2006), se puede observar que la reducción de la tasa de crecimiento de materia seca (TCMS), simulándose una deficiencia de forraje para el período verano-otoño, produce una reducción de 29% en la preñez de la estrategia reactiva (MG), y resulta en valores muy bajos (20%). En el caso de la estrategia proactiva (MP), si bien la preñez se redujo en 13%, el resultado final es un valor de preñez relativamente alto. En este caso, el hecho de trabajar con alta oferta de forraje, junto con el buen estado de los animales, hace que el sistema amortigüe el marcado descenso en la oferta de forraje y se logran altos resultados en el porcentaje de preñez (80%). En las simulaciones de "recría", en ambas estrategias existió una disminución en la Gan PV/ha (-48 y -43 PV/ha para las estrategias reactiva y proactiva, respectivamente) inducida por la crisis forrajera estival-otoñal. Sin embargo, tanto la ganancia individual como la Gan PV/ha son mayores en la estrategia proactiva, al igual que ocurría en el clima promedio y en el año bueno. En esta estrategia se logran, incluso con la crisis forrajera, ganancias de peso por hectárea con valores importantes (73 PV/ha), aumentándose la brecha entra las estrategias. Al igual que en el rodeo de cría, el hecho de trabajar con alta oferta de forraje hace que los resultados productivos sean relativamente elevados, aún en situaciones de deficiencia de forraje.

Se entiende por análisis de sensibilidad a la variación de una o más entradas del modelo, con el fin de obtener continuidad de resultados comparables. En el presente trabajo se realizó un análisis de sensibilidad para ambas estrategias y ambos sistemas de producción (cría y recría), haciéndose variar el coefClima: entre 0,3 y 1,0 desde setiembre a abril, y la altura inicial del pasto: entre 2 y 10 cm (inicio de la simulación en junio).

Se puede afirmar que en la estrategia reactiva (MG) existe poco "margen climático", aún con media-alta disponibilidad de pasto inicial (altura inicial aprox. 8 cm) a diferencia de la estrategia proactiva (MP), que al trabajar con pasto y carga ajustada puede amortiguar mejor los déficits de forraje primavero-estival. La Tabla 3.2.5 recapitula los resultados obtenidos de las simulaciones en año normal, bueno y malo, con ambas estrategias y en ambos sistemas de producción (cría y recría).

Tabla 3.2.5. TCMS y Coef Clima para simular un año "bueno" y "malo"

	Coef Clima promedio anual	Estrategia Reactiva	Estrategia Proactiva	Estrategia Reactiva*	Estrategia Proactiva*
% Preñez Cría	1	49%	93%	-	-
GanPV/ha Recría	(Año promedio)	68	116	-	-
% Preñez Cría	1,23	66%	96%	+17%	+3%
GanPV/ha Recría	(Año bueno)	91	132	+23	+16
%Preñez Cría	0,85	20%	80%	-29%	-13%
Gan PV/ha Recría	(Año malo)	20	73	-48	-43

* *Diferencia con año promedio.*

De acuerdo con los resultados de obtenidos, la estrategia proactiva (MP) parece ser adecuada en vistas de lograr disminuir los impactos negativos de una deficiencia de forraje, en las simulaciones planteadas tanto en la cría como en la recría. Asimismo, se puede considerar que esta estrategia se encuentra en su límite superior biológico ya en el año normal (93% de preñez) en la cría, y puede mejorar aún su producción en PV/ha en la recría en el año bueno. En la estrategia reactiva (MG), existe una mayor dependencia del clima para lograr buenos resultados productivos.

De igual manera, este efecto -tanto en el resultado de porcentaje de preñez y en la Gan PV/ha- se evidencia en el análisis de sensibilidad planteado, donde la estrategia proactiva, al trabajar con carga ajustada, puede amortiguar mejor los déficits de forraje primavero-estivales.

En base a los resultados obtenidos con las simulaciones realizadas con el MEGANE, se efectuó una evaluación económica primaria en términos de impacto sobre la facturación de los establecimientos ganaderos del rubro vacuno, a precios actuales (diciembre 2012). Con tal fin, se utilizaron las salidas del MEGANE para ambas estrategias de gestión (MP -MG) en años malo y promedio, con fines comparativos, para un establecimiento de 1000 ha.

Es posible observar en la Tabla siguiente, para ambas situaciones, los valores de facturación total y por hectárea -únicamente del rubro vacuno-, con diferencias muy apreciables generadas en la menor preñez y por ende menores ventas en los productores de estrategias reactivas frente a las estrategias proactivas. Las diferencias entre ambas estrategias se incrementan en los años malos, en donde la estrategia reactiva o mira ganado, reciente su facturación notablemente, reafirmándose los conceptos ya vertidos anteriormente. O sea que la estrategia reactiva es mucho más sensible en su componente vacuno, frente a los años malos, definidos estos por el déficit hídrico (sequías).

Tabla 3.2.6. Valores de facturación total y por hectárea

Situación de año	Estrategia Proactiva (MP) U$s facturación vacuna/ha	Estrategia Reactiva (MG) U$s facturación vacuna/ha	Diferencia
Año Promedio	131,5	68,8	62,7
Año Malo	122,3	51,4	70.9
Diferencia	9,2	17,4	

3.2.6. Principales factores que determinan la sensibilidad

Los factores de mayor relevancia que determinan la sensibilidad a nivel de los establecimientos ganaderos pueden agruparse y resumirse utilizando un esquema-modelo conceptual presentado por Bartaburu et al. (2010). Se identifican tres grandes características a nivel de los establecimientos ganaderos: a) La capacidad estructural del establecimiento, b) El sistema de producción del establecimiento, c) Las decisiones adaptativas que toma el productor (componente socio-económico)

a) La capacidad estructural del establecimiento comprende: montes de abrigo, aguadas, empotreramiento, tipo de suelo, proporción de suelos superficiales; o sea aspectos de infraestructura propias del establecimiento. Es claro que aquellos establecimientos con mayor proporción de suelos superficiales son de mayor sensibilidad al déficit hídrico, como ya fue presentado anteriormente, debido al grado de afectación de la producción de pastura. Este efecto es de mayor relevancia, cuando el déficit hídrico se presenta en verano, dada la importancia relativa y absoluta que tiene dicha estación en la determinación de la producción de pasto total anual y la carga animal promedio. La disponibilidad de aguadas y sombra permiten, entre otras medidas, subdividir adecuadamente el establecimiento y mejorar el manejo de la pastura y los animales. Los campos naturales en Uruguay se caracterizan por la alta heterogeneidad espacial determinada por diferentes tipos de suelos y comunidades vegetales, por lo que la disponibilidad de un adecuado empotreramiento permite su óptimo manejo. Ello toma mayor relevancia cuando se presentan déficits hídricos o sequías.

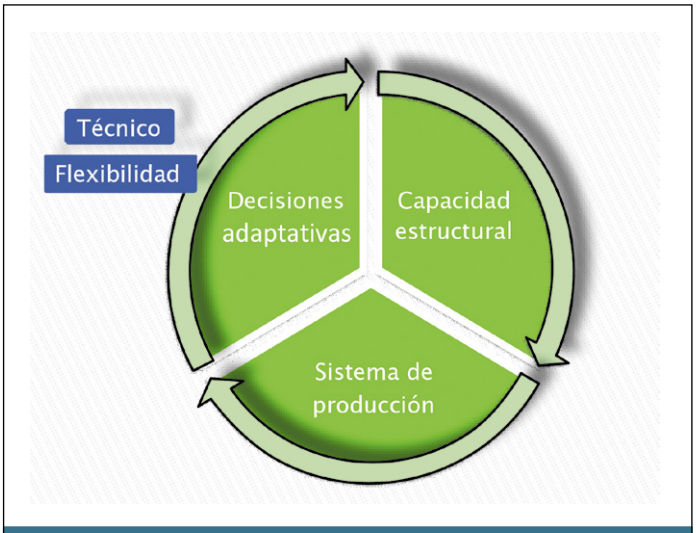


Figura 3.2.12. Factores de mayor relevancia que determinan la sensibilidad a nivel de los establecimientos ganaderos

b) Existe un conjunto de variables a tener en cuenta, vinculadas a características del sistema de producción que se desarrolla en la explotación como: la actividad productiva, la carga animal y relación lanar-vacuno. La carga animal es un factor que ejerce presión sobre el recurso pastura, incrementa la vulnerabilidad climática y resta flexibilidad al sistema. Por otro lado, la relación lanar-vacuno adquiere relevancia especialmente en sistemas ganaderos de alta carga animal y en situaciones de sequía. Una mayor composición de ovinos en la carga animal, hace que el sistema de los establecimientos ganaderos sea menos sensible y mejoran la capacidad de

adaptación – desde el punto de vista de mantener la producción física - las características propias que dispone el ovino de ingerir estratos más bajos de la pastura, a la vez de producir lana aún en condiciones de subnutrición. La estrategia de utilizar altas relaciones lanar-vacuno es ampliamente utilizada por los productores, en aquellas zonas y/o establecimientos de alta sensibilidad edáfica (suelos superficiales) y de menor escala (establecimientos familiares), que habitualmente trabajan con cargas animales que exceden la técnicamente recomendada o carga segura. En relación al factor actividad productiva es claro que la actividad de cría es la que menor flexibilidad tiene dada la menor propensión de los criadores a vender sus animales, mientras que la actividad de recría es la de mayor flexibilidad, por la razón opuesta: alta propensión de los productores a vender los animales. Esto debe ser tomado en cuenta a la hora de evaluar la sensibilidad de los sistemas de los establecimientos ganaderos y las medidas de adaptación.

c) El último punto contempla el comportamiento en la toma de decisiones de largo y corto plazo, o sea las decisiones estratégicas y de adaptación, que están muy afectadas por el grado de información y manejo de conocimientos del productor. Es relevante la vinculación del productor con diversas organizaciones e instituciones: proveedores, industria, fuentes de crédito, etc. Una vez pronosticados eventos extremos, como la sequía, hay distintas modalidades de acción que los productores pueden optar, en respuesta a variables de mercados (precios de los ganados y de los pastoreos), acceso a pastoreos, políticas públicas (suministro de ración), etc. Como se presenta en la Figura 3.2.13, los productores que optan por una estrategia reactiva tienden a retener el ganado cuando las condiciones de clima y precios

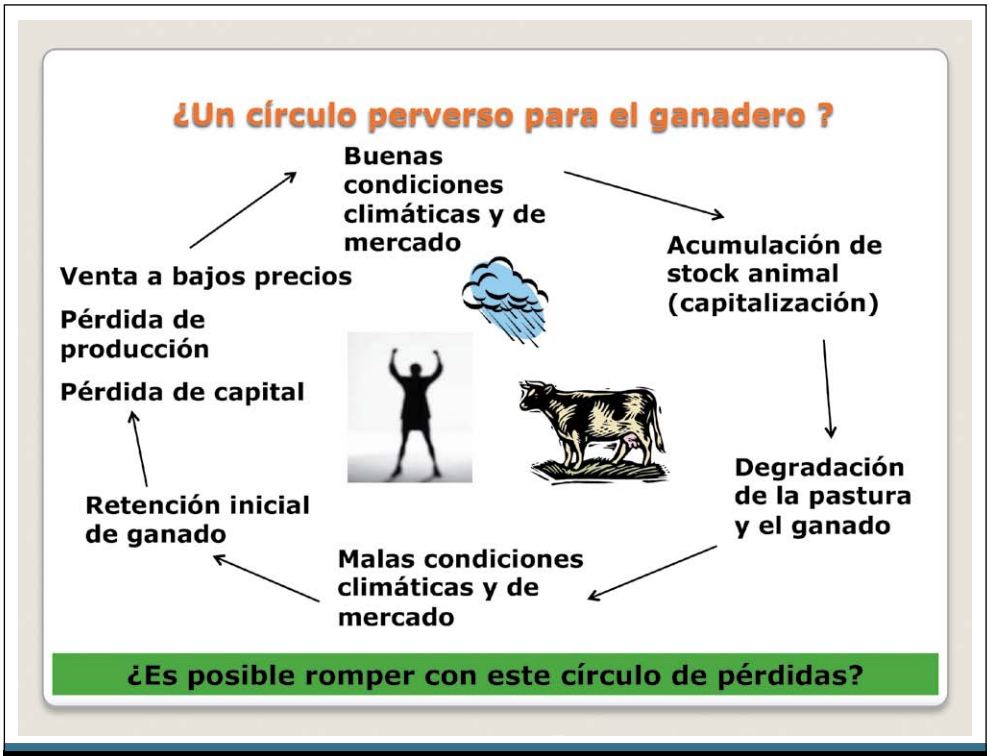


Figura 3.2.13. Comportamiento de los productores que Miran Ganado. Bartaburu et al. (2009)

son favorables, a modo de proceso de capitalización. Luego, cuando se insinúan situaciones de sequía, los productores siguen el proceso de retención del ganado a la espera que las condiciones de sequía se reviertan. Cuando las consecuencias del proceso de sequía son evidentes, optan por disminuir la carga del sistema y realizar venta de animales, cuando éstos están muy degradados de condición corporal y el mercado funciona a "precios de sequía" (por ej. USD 100/vaca en otoño 2009), entonces ocurre un proceso de descapitalización.

En relación al grado de información y conocimientos, se pone especial énfasis en la experiencia acumulada y compartida. En este sentido, la experiencia colectiva que existió en relación a las decisiones estratégicas de adaptación a las sequías en los últimos 25 años, generó el desarrollo de un "ambiente de aprendizaje" a través del accionar de las instituciones público-privadas.

Por otro lado, existen factores que afectan la sensibilidad de los establecimientos ganaderos a la variabilidad y el cambio climático que son estructurales y, por tanto, son menos modificables por los productores en el corto plazo. Tal es el caso de la escala de los establecimientos ganaderos y el tipo de tenencia. En el primero de ellos se trata de presentar las dificultades que impone la escala territorial-empresarial: son más sensibles los productores chicos que los productores con mayor escala. Por otro lado, los productores que no son propietarios de tierra presentan mucha mayor sensibilidad a la variabilidad y al cambio climático debido a que es habitual que no encaren inversiones de desarrollo en infraestructura de los establecimientos ganaderos, y frente a descapitalizaciones en ganado su patrimonio puede desaparecer.

3.2.7. Análisis de la capacidad adaptativa

Los ganaderos uruguayos han gestionado históricamente sus establecimientos ganaderos en un marco de alta incertidumbre generada por factores de diverso origen, como: los precios de los productos, el tipo de cambio y la variabilidad climática, entre otros (Levrouw et al. 2007). Esta situación pone de relieve la alta capacidad de adaptación a los ambientes inciertos en que transitan los ganaderos, a la vez que se destacan características especiales en la trayectoria de los establecimientos signadas por la resiliencia que les permite sustentar a largo plazo la producción. Darnhofer et al. (2010) destacan la constante experimentación e innovación en los ganaderos, como una forma de fortalecer la flexibilidad adaptativa y la resiliencia de sus establecimientos, como también la visión sesgada de que éstos son seres pasivos depositarios de los resultados de investigación, subestimándose el proceso de aprendizaje basado en la experiencia. Ello parece ser el resultado de una divergencia entre la estrategia "miope" de optimización en la eficiencia económica y la estrategia de sustentabilidad de largo plazo seguida por los ganaderos familiares.

Sin embargo, los cambios que ocurren en el presente parecen ser de mayor velocidad lo que exige mejorar la capacidad adaptativa, los mismos autores citan una serie de fuentes de cambios para los ganaderos y en base a una revisión bibliográfica proponen tres estrategias para fortalecer la capacidad adaptativa: a) el aprendizaje a través de la experimentación y el monitoreo, b) la flexibilidad para incrementar las opciones de respuesta y c) la diversidad para enfrentar la variabilidad. En igual sentido, Howden y Stokes (2010) establecen que la adaptación necesitará tomar soluciones flexibles, basadas en el riesgo y que incorporen la incertidumbre futura.

Tabla 3.2.7. Autoevaluación de establecimientos ganaderos

Indicadores a ser Evaluados	Las luces del tablero y sus niveles		
1. La ganadería es la principal fuente de ingresos para la familia.	75 - 100 %	25-50 %	0 – 25 %
2. Capital Circulante: Disponible/Costos Totales de Producción	0 y 0,25:1	<= 0,5:1	> = 0,75 a 1:1
3. Relación Insumo/Producto	>=0,7	0,5-0,7	<=0,5
4. Control del sistema operativo por el titular y sus colaboradores (Disponibilidad, Estabilidad y Calificación)	Alta Rotación y Baja Calificación	Insuficiente pero Estable y Calificada	Estable y Calificada
5. Gestión espacio/temporal del Campo Natural	<= 3 cms Otoño/ Primavera	5 cms Otoño/ Primavera	> 5 cms Otoño/; >= 8 cms Primavera
6. Tenencia de la Tierra (Contrato, Plazo y su Valor)	100 % Arrendatario	>= 50 % en Arrendamiento	Propietario
7. Posibilidad de disolución familiar	Alta	Normal	Muy baja

Con una mirada y conocimiento locales, Malaquín y Morales (2012) comentan que es necesario mejorar la forma de calificar el funcionamiento de los establecimientos ganaderos uruguayos, teniéndose en cuenta además de los parámetros tradicionales, la capacidad que tengan de enfrentar ambientes inciertos, aprovechándose las oportunidades y sorteándose las dificultades. Los mismos autores, proponen explorar: a) la búsqueda de flexibilidad de diverso origen, y b) el desarrollo de capacidad de aprendizaje que permite la acumulación y movilización de experiencias pasadas al servicio de decisiones del futuro. Basado en experiencias propias de trabajo, proponen una metodología que debería estimular la búsqueda activa de información para anticipar y reaccionar ante la ocurrencia de riesgos climáticos, económicos, sociales, etc. Para ello apoyan la "autoevaluación" a partir de un método que sirviéndose de las luces de un semáforo, permite recorrer varias áreas de la gestión de una explotación, tal como se presenta en la siguiente Tabla 3.2.7.

Una vez emarcada la adaptación como un criterio general a promover en los establecimientos ganaderos frente a las diversas fuentes de variación e incertidumbre, el foco a continuación es la adaptación a la variabilidad y el cambio climático. Los impactos de la variabilidad climática sobre la producción primaria de forraje del campo natural y sus efectos sobre la producción secundaria (producción animal), así como los resultados económicos, y por ende, en la trayectoria de los establecimientos ganaderos es evidente (Malaquín y Morales, 2012).

Brown et al. (2011), proponen evaluar la capacidad adaptativa tomando en cuenta cinco tipos de capital con un foco de análisis regional: el humano (educación, salud), el social (relaciones, inserción), el natural (suelo, agua, etc.), el físico (infraestructura) y el financiero (fondo de reserva, crédito)

Burton y Peoples (2008) en su publicación que estudia las lecciones aprendidas a partir de la adaptación a sequías anteriores en Nueva Zelanda, discuten la importancia de diferentes tipos de conocimientos. Siguiendo a Polanyi (1966) citan que el conocimiento "codificado" es el conocimiento científico, fácilmente extrapolable y comunicable, mientras que el conocimiento "tácito" es aquel que surge de la experiencia y del monitoreo, que no está documentado y es de difícil su extrapolación y comunicación. Revalorizan este último, por las implicancias que tiene en la adaptación a nivel de los establecimientos ganaderos y plantean una serie de aspectos que deben revisarse para mejorarla.

3.2.8. Acciones posibles

Capacidad adaptativa

A partir de la información bibliográfica presentada y la experiencia del equipo de trabajo, se propone que la capacidad de adaptación de los establecimientos ganaderos al cambio y la variabilidad climática, se base en tres grandes aspectos:

a) ***Desarrollo de establecimientos "sequía resistentes".*** En este punto hay aspectos que son difícilmente modificables como la proporción de suelos superficiales o suelos profundos, pero otros son estrictamente dependientes de decisiones estratégicas de largo plazo, como los son dotarlos de la infraestructura adecuada en términos de subdivisión, aguada y sombra. Es reconocido que un adecuado manejo de las pasturas naturales, como también del ganado, requiere de disponer de un mínimo de entre ocho y diez subdivisiones, las cuales deben ser dotadas de aguada y sombra. Estudios de relevamiento realizados por el IPA y la Asociación Agropecuaria de Salto, indican que el 50% de los productores declaran que sus establecimientos son carentes de este tipo de mejoras básicas. La Regional Litoral Norte del IPA, ha realizado estudios sobre el monto de inversión necesario para levantar estas restricciones arribándose a cifras de U$s 30- 50/ha, para un establecimiento de escala territorial de 500 ha (Bartaburu et al. 2011 b). La posibilidad de contar de un sistema de riego, aunque sea para pequeñas áreas del establecimiento, asegura la posibilidad de disponer de cultivos forrajeros de alto potencial de rendimiento, que podrán jugar un rol muy importante en situaciones de crisis forrajeras por sequías. Solo a modo de ejemplo, cabe citar el mejor desempeño frente a las sequías que tienen aquellos establecimientos con áreas destinadas al cultivo de arroz y que, por tanto, disponen de sistemas de riego y de subproductos de la cosecha. En el área ganadera del Uruguay se dispone de muy escaso conocimiento y experiencia en aspectos de riego, pero en estos últimos años, promovido por políticas públicas, se están instalando diversos equipos de riego, cuya inversión es del orden de USD 1200 - 1500 /ha.

b) ***Desarrollo de sistemas de producción que aseguren la necesaria flexibilidad.*** El criterio dominante es no explotar al máximo los recursos disponibles, sino que dejar recursos ociosos que permitan ser usados cuando las situaciones de sequía hagan disminuir las tasas de crecimiento de la pastura natural. El factor más importante en este punto es la carga animal, la cual se propone que para las condiciones de ganadería a campo natural, se maneje en el rango de "carga segura" como aquella carga animal ajustada a la producción promedio del campo. La relación lanar -vacuno es otro factor relevante, especialmente para condiciones de producción altamente sensible o riesgosa, ya sea por la alta proporción de suelos superficiales como también por el manejo de cargas animales superiores a las indicadas por la producción del campo. Es observable la estrategia aplicada por los productores de menor escala y ubicados sobre suelos superficiales, de trabajar con muy altas relaciones lanar-vacuno. El manejo de ambas variables, la carga animal y la relación lanar-vacuno, ha sido informada por Bartaburu et al. (2009) cuando se evaluó en forma agregada, el comportamiento de los productores ganaderos de Salto y Artigas en las sequías del 2005-2006. Es así que, se encontró que los productores de menor escala trabajan con cargas animales muy elevadas en relación a los productores de mayor escala territorial, pero a la vez una parte importante de dicha carga está compuesta de lanares. A la vez, frente a la existencia de una sequía, los productores de menor tamaño reducen

la carga animal en forma tenue, lo que opera sobre los vacunos, es decir aumenta aún más la relación lanar-vacuno. Estos comportamientos de mantenimiento de cargas altas aún en condiciones de sequía, pueden verse modificadas por señales del contexto, como los precios, las políticas públicas, los informes climáticos, etc. Ya fue tratado previamente, cuando se discutieron las diferentes estrategias de los ganaderos, la existencia de un círculo vicioso promovido por el trabajo con altas cargas animales, en donde en la fase positiva hay una acumulación de capital semoviente en el campo, seguido de una fase de pérdidas cuando operan factores negativos como sequías, bajas de precios, etc. Este comportamiento debe ser estudiado en profundidad por equipos multidisciplinarios, donde los aspectos sociales juegan un rol importante (IPA, 2011). Los sistemas de producción de criadores vacunos poseen un nivel de requerimiento nutricional que reduce la flexibilidad en el manejo, seguidos por los sistemas de ciclo completo y finalmente los recriadores, los cuales disponen de mayor flexibilidad. Cuando se focaliza en estudios comparativos de sistemas de producción intensivos y extensivos, Bartaburu et. al. (2009) han encontrado un comportamiento diferencial de los productores frente a la existencia de una sequía. Mientras los productores ganaderos extensivos reducen la carga animal y los requerimientos nutricionales (por Ej. vía destete de terneros,) los intensivos suplementan y siembran pasturas para que una vez levantada la restricción de la sequía, se disponga de forraje rápidamente. Este comportamiento diferencial está basado en la diferente forma en que ambos se relacionan con la naturaleza, tal como fue informado por Morales et al. (2003). Específicamente las explotaciones extensivas, en función de la heterogeneidad de los suelos aunada a la variabilidad climática, a la poca competitividad de los rumiantes en el uso de alimentos de alta concentración energética optan casi exclusivamente por el pastoreo directo, y el uso de alimentos producidos en otro momento o lugar casi no tiene presencia.

c) ***Aspectos socio-económicos***. En este punto se incluyen los aspectos vinculados a las decisiones humanas más directamente relacionadas a la adaptación a las sequías. En este contexto, nuevamente se acude a la descripción de las tipologías de estrategias de conducción de los establecimientos ganaderos a los efectos de resaltar la importancia de varios aspectos. En dicha instancia se observó que aquellos productores caracterizados como "Miran Pasto" realizan un relevamiento del sistema productivo más exhaustivo, monitoreándose especialmente la situación de la pastura. Disponen de un protocolo de acción frente a la sequía y se anticipan a ésta, lo cual les permite tomar decisiones en tiempo y forma, no dejándose atrapar por este evento, aunque pueden sobre reaccionar frente a amenazas que no se concretan. Las decisiones iniciales, en general están vinculados a reducir los requerimientos animales vía extracción de ganado (por venta-extracción a pastoreo) y/o por destetar terneros para eliminar los requerimientos de lactancia, tal como lo informan Bartaburu et al. (2011). Las extracciones iniciales vía venta de animales estarán focalizadas en los animales refugo de cada categoría, para luego en pasos siguientes, ir reduciendo aquellas categorías que comprometen de menor manera el futuro de la empresa. La disponibilidad de reservas de pasto, agrega flexibilidad y colabora para la toma de decisiones en forma más aliviada. Además mantener un saldo de caja favorable parece ser relevante en estos casos en los cuales algunos gastos –como los de suplementación- pueden incrementarse.

Por otra parte los productores que tienen un mayor nivel de inserción social y están más cercanamente vinculados con instituciones técnicas, organizaciones de productores u otras,

acceden de mejor manera a la información y a las políticas públicas, y muestran mejor capacidad adaptativa. El mantener buenos vínculos con los proveedores como con los vecinos y los operadores de la industria y agentes financieros, favorece el accionar en momentos difíciles de las empresas, como los son la ocurrencia de eventos climáticos extremos como las sequías. Ello forma parte del capital social, es decir la red de vínculos promovidos y abonados a lo largo de la vida del productor, y puede ser utilizado como una reserva de capital. La existencia de un relevo generacional de la explotación colabora en promover acciones más comprometidas con el futuro.

En tanto, los factores del mercado -como los precios y la facilidad de operación- tienen un papel importante en el momento de sintetizar la información para el proceso de toma de decisiones de los productores. Así, cuando las sequías ocurren cuando existen buenos precios en los productos, se favorece la pronta decisión de venta de ganado, y se reduce la carga animal del establecimiento. Lo contrario ocurre, cuando el ganado tiene poco valor y muchos productores optan por mantener el ganado dentro del campo.

En este sentido la influencia de las políticas públicas es relevante, dan mensajes de estímulo o desestímulo a la toma de decisión. Así por ejemplo, en la sequía del 2008-2009 el suministro temprano de ración estimuló a los productores beneficiarios a no realizar los ajustes de carga animal recomendados técnicamente en forma previa al ingreso al período invernal del 2009. Por el contrario, el suministro de ración de destete precoz, en forma oportuna en el verano 2010-2011, estimuló la aplicación de dicha técnica, lográndose mejorar los resultados reproductivos de los rodeos de cría de las zonas afectadas por las sequías.

Finalmente un aspecto de alta relevancia, tanto para promover la mejora de la capacidad adaptativa como para que ésta se transforme en adaptación efectiva, es el desarrollo de "ambientes o plataformas de aprendizaje". Como describió Polanyi (1996), citado por Burton y Peoples (2008), el conocimiento tácito en manos de los productores que se apoyan en la experiencia, es de alta relevancia. Sin embargo, para el caso específico de las sequías, se debería esperar la ocurrencia de éstas para a partir de las experiencias vividas, aprender de ellas. Mientras tanto, las pérdidas ocurren y la vida de los productores y sus familias transcurren. En consecuencia, el IPA, promueve con énfasis, el desarrollo de modelos de simulación, que permitan simular tantas situaciones como se quiera, desde una computadora, en forma interactiva, sin que ocurra ninguna sequía ni muera ningún animal en la realidad. El trabajo presentado en este informe es una prueba de ello, donde se utilizó la parte biofísica (denominada MEGANE), del modelo de simulación multi-agente sequía/basalto, desarrollado a través del FPTA INIA 286. La utilización de estos modelos de simulación en la capacitación de productores y técnicos se considera, desde el IPA, como una herramienta de alta validez, necesaria de promover.

Prioridades para reducir la sensibilidad

A partir de las consideraciones realizadas, se proponen diferentes acciones que todas tendrán impacto a nivel de los establecimientos ganaderos, pero que deberán ser ejecutadas a diferentes niveles de decisión. Mientras algunas son de directa decisión de los productores, otras deberán ser inicialmente consideradas desde las políticas públicas.

Se proponen los siguientes aspectos:

- ***Generar información georeferenciada de los establecimientos ganaderos de Producción Primaria Neta y promover su uso.*** Hoy está disponible esta información y se entiende

que el manejo y uso de ésta puede ser promovido tanto en el establecimiento como de políticas públicas. A nivel de los establecimientos ganaderos el disponer y utilizar esta información permite mejorar el manejo de pasturas y animales. Por otro lado, el manejo de dicha información a nivel agregado permitirá monitorear situaciones de déficit de crecimiento de pasturas para tomar decisiones a tiempo, desencadenar procesos y aplicar herramientas de políticas públicas (como los seguros).

- ***Promover adecuada infraestructura de los establecimientos ganaderos (subdivisión, aguada y sombra).*** Tal como ha sido debidamente discutido a lo largo del trabajo la instrumentación de establecimientos ganaderos que dispongan de la adecuada infraestructura en términos de subdivisiones, aguadas y sombra parece ser un paso insalvable para reducir la sensibilidad de los sistemas y mejorar su capacidad de adaptación.

- ***Promover sistemas flexibles de gestión de los establecimientos ganaderos***. Esta propuesta, tal como fue discutida previamente, debe estar basada en la promoción de sistemas de producción que mantengan altos niveles de flexibilidad. El criterio fundamental es el de cuidar el uso de los recursos. Esto es particularmente válido para el manejo de pastura y dinero, donde está demostrado que la disponibilidad de éstos hace que los sistemas sean menos sensibles frente a los efectos de las sequías y, adicionalmente mejora la capacidad de recuperarse post sequía, es decir que favorece la resiliencia.

- ***Mejorar el acceso y la interpretación de los pronósticos climáticos de mediano y largo plazo.*** Dadas las características del sistema de producción ganadero del Uruguay en que el régimen de lluvias impacta fuertemente en el crecimiento de las pasturas y por ende en el desempeño animal, parece relevante mejorar este aspecto. A nivel de productores, existe un descreimiento en los pronósticos climáticos y una incorrecta interpretación de éstos. De todas maneras, de acuerdo a estudios de INIA[3] la posibilidad de reducir la incertidumbre sobre los efectos agronómicos a esperar, en especial de los eventos Niña, es pequeña.

- ***Protocolizar las acciones de los establecimientos ganaderos de adaptación a las sequías***. El conocimiento adquirido en base a la experiencia acumulada o trasmitida por otras generaciones-actores permite que se elaboren protocolos de acción frente a hechos previstos o imaginados**.** Ello permite mejorar notablemente la operatividad del sistema de los establecimientos ganaderos.

- ***Promover emprendimientos asociativos para mejorar escala y acceso tecnológico.*** En los estudios de sensibilidad, la escala de la empresa fue identificada como un factor de relevancia por lo cual el desarrollo de sistemas asociativos que permitan mejorar la escala territorial y el acceso a las tecnologías contribuirían a disminuir la sensibilidad de los sistemas y mejorar su capacidad adaptativa.

- ***Acceso a la información y el conocimiento.*** Se proponen desarrollar plataformas/ ambientes de aprendizaje que promuevan la interrelación y socialización de información de diversa índole y origen. Ello adquiere mayor relevancia a la hora de incorporar el concepto de que la variabilidad climática podría verse incrementada en el futuro y por lo tanto eventos inciertos y no imaginados pueden ocurrir. En tales circunstancias la adaptación de los establecimientos ganaderos local toma impor-

3 Inia. Disponible en: http://www.inia.org.uy/online/files/contenidos/link_30112010114446.pdf

tancia y por ende el intercambio y flujo de información y conocimiento deberían estimularse.

- ***La autoevaluación en la gestión de los establecimientos ganaderos.*** Se propone una metodología sencilla a ser aplicada a nivel de los establecimientos ganaderos para la evaluación de la gestión y la capacidad adaptativa. Ella también puede ser promovida para ser usada en los proyectos de "aterrizaje" de los establecimientos ganaderos tanto públicos como privados.

- ***Mejorar la integración social.*** En situaciones de vulnerabilidad como el que imponen las sequías, el sentirse apoyado por una estructura social fuerte es relevante. En tal sentido, las instituciones sociales de diversa índole juegan un rol importante. En particular, las organizaciones de productores ganaderos son un marco de contención importante en donde además se promueve la circulación de información y el acceso a las políticas públicas. Por ello, el fortalecimiento del marco institucional parece ser un paso insalvable.

- ***Mejorar el conocimiento acerca del funcionamiento de los establecimientos ganaderos.*** Como ha sido presentado en el trabajo, las estrategias de gestión condicionan la sensibilidad, capacidad adaptativa y resiliencia. Sin embargo, a los efectos de poder contribuir a mejorar el desempeño y funcionamiento de los establecimientos ganaderos es necesario mejorar el conocimiento acerca de dichos aspectos, lo cual incluye el desarrollo de estudios de diferentes especialidades (sociales-agronómicas, etc.).

3.2.9. Consideraciones finales

En Uruguay, la producción de forraje tiene un ciclo estacional asociado a factores astronómicos, en particular a la variación de las horas de luz y temperatura. En las estaciones de mayor potencial de producción de forraje, como la primavera y el verano, las precipitaciones y el balance hídrico en el suelo, juegan un rol definitorio en determinar la producción real de forraje. Por lo anteriormente expuesto, los sistemas ganaderos están en un estado de desequilibrio permanente provocado por la variabilidad climática, la cual puede sumarse a otros factores de variabilidad de diverso origen (mercados, precios, políticas públicas, factores antropogénicos, etc.). Ya que la razón de ser de la actividad ganadera es tener animales que por su movilidad y fisiología digestiva puedan usar los pastos distribuidos -espacial y temporalmente- en el campo, como principal fuente de alimento, en estas condiciones, la traslación de forraje entre años o estaciones es una práctica relevante.

En un trabajo reciente (Dieguez et al .2013) se concluye que las estrategias ganaderas rígidas, a nivel de establecimiento, son incompatibles con la variabilidad climática y que es muy difícil identificar estrategias que aparezcan como robustas en cualquier circunstancia. Frente a esta variabilidad, los decisores a distintos niveles deben diseñar sistemas (productivos, industriales, de servicio, etc.) que puedan seguir funcionando y recuperarse cuando son afectados, por tanto flexibles y resilientes. Frente a perturbaciones pequeñas o medianas, cierta holgura (de recursos forrajeros, de condición de los animales, financiera, organizativa) puede evitar trastornos y absorber los efectos de dicha variabilidad. Sin embargo, como lo indica la experiencia reciente, tanto los establecimientos ganaderos como la industria en su conjunto se ven afectadas inexorablemente cuando se superan ciertos límites de duración, intensidad y extensión geográfica de la disminución en el crecimiento del forraje del campo natural. Dichos efectos parecen exacerbarse cuando una mayor intensificación de los sistemas productivos promueve una importante sustitución del campo natural.

En este trabajo se revisó cómo la producción de forraje, la producción secundaria, el resultado económico de los establecimientos y el nivel de actividad de toda la industria son sensibles a la variabilidad climática, teniéndose presente que hay una gran heterogeneidad de situaciones especialmente a nivel de los establecimientos.

Para terminar, se propone una serie de enunciados que es conveniente que se tengan en cuenta a los efectos de mejor enfrentar la variabilidad climática y que completan los ya presentados. Corresponde examinar si considerados en su totalidad son suficientes para evitar perjuicios a los ganaderos, sus familias y al país en su conjunto.

Se hace evidente que disminuciones de producción y aumentos de gastos, muchas veces unidos a pérdidas de capital, seguirán presentes. Pero, si se implementaran en forma integrada las propuestas enunciadas y/o se idearan otras acciones, se disminuirían los "colapsos", tanto a nivel de explotaciones como de servicios asociados y de la industria en su globalidad, ya que estas eventualidades estarían anticipadas con sus correspondientes planes de contingencia.

En el lenguaje de este informe, el grado de exposición y sensibilidad a la variabilidad climática es elevado y el margen aportado por la capacidad adaptativa es muy importante, lo cual genera un gran espacio de acción a todo nivel (medidas de los productores, de las políticas públicas, etc.).

Los siguientes enunciados pretenden resumir el trabajo realizado y la experiencia de los autores:

- La resiliencia de la producción forrajera del campo natural parece ser capaz de enfrentar cualquier irregularidad climática. Sin embargo, dada la gran heterogeneidad de situaciones humanas, de contexto, etc. los sistemas (establecimientos, empresas de servicio, industrias, etc.) igualmente pueden colapsar.

- La sensibilidad de los establecimientos ganaderos a la variabilidad climática es evidente, como se desprende del estudio de los efectos de las sequías ocurridas durante el último decenio.

- El impacto mayor de los eventos de la sequía opera sobre la producción primaria (producción de pasto) y como consecuencia sobre la producción secundaria (producción animal) y los resultados económicos en toda la cadena.

- Cuando los eventos de sequía se presentan en primavera y verano, ejercen mayor impacto negativo que en otras estaciones, ello se debe a la importancia relativa de estas estaciones del año en determinar la producción de forraje total anual, por ende la capacidad de carga animal y las posibilidades de trasladar forraje en pie.

- Las sequías primaverales ejercen impacto negativo sobre la preñez vacuna del entore siguiente lo que tiene efectos en el largo plazo. A la vez, determina que los establecimientos criadores sean más sensibles y menos resilientes que otros sistemas productivos más flexibles.

- El nivel o profundidad de los impactos negativos es fuertemente dependiente de las características de gestión de los establecimientos ganaderos que lleva adelante el productor-de la organización de la familia-y de las medidas de adaptación aplicadas.

- Los sistemas de gestión de los establecimientos ganaderos que se apoyan en trabajar con carga animal ajustada a la producción de forraje y por ende a la capacidad de carga, son menos sensibles y más resilientes.

- En los establecimientos que trabajan con cargas animales muy por encima de las sustentables o seguras, una alta relación lanar-vacuno contribuye a un sistema menos sensible al déficit hídrico y más resiliente, tanto desde el punto de vista físico como económico, aunque este último dependerá de los precios de la lana. Ello se debe a la mejor adaptación del ovino a condiciones de sequía. Sin embargo, los sistemas con estas características están expuestos a altos niveles de degradación de la pastura natural, con amenazas sobre la sustentabilidad en el muy largo plazo.

- Otros factores del establecimiento como la proporción de suelos superficiales, la disponibilidad de infraestructura predial (subdivisión, aguada y sombra), la escala de superficie, la orientación productiva, operan afectando la sensibilidad.

- La adaptación de los establecimientos ganaderos está fuertemente determinada por los criterios de flexibilidad y capacidad de aprendizaje.

- La flexibilidad se expresa a través de hacer un uso moderado de los recursos naturales, especialmente del pasto. La capacidad de aprendizaje, en cambio, toma alta relevancia frente a la ocurrencia de eventos climáticos imprevisibles, donde el conocimiento y la experiencia anterior no son suficientes para el desarrollo y aplicación de medidas extraordinarias.

- La promoción de "ambientes y herramientas de aprendizaje interactivos y participativos" que -entre otros- alienten la capitalización y valorización de los conocimientos locales favorecen los procesos de adaptación y la construcción de enunciados "creíbles, legítimos y relevantes" (Cash et al.2003).

- La capacidad adaptativa debe tener en cuenta la incertidumbre de los pronósticos climáticos de mediano y largo plazo, por lo que la elaboración de estrategias adaptativas que puedan funcionar aún con pronósticos inciertos parece ser el paso a seguir, en coincidencia con Howden (2012): "Start with a decisión centred view-avoid the usual path of starting with the climate".

- Las políticas públicas operan en diferentes sentidos tanto en la sensibilidad como en la adaptación de los establecimientos ganaderos, dada la importancia en afectar el contexto en el cual se desarrolla la actividad ganadera y las señales emitidas.

3.3. Lechería

MENSAJES CLAVE

- El evento climático extremo que más afecta negativamente la producción de leche es la sequía agronómica. Estos eventos impactan directamente sobre la tasa de crecimiento de pasturas y cultivos forrajeros, y en consecuencia sobre la disponibilidad y calidad de forraje a lo largo del año.
- La respuesta de los sistemas productivos a una sequía variará en amplitud según sea el nivel de intensificación del sistema: a mayor tasa de crecimiento productivo, es de esperar un mayor impacto sobre la performance del sistema.
- Las características de la base forrajera en términos de duración de las praderas y especies seleccionadas pueden contribuir a exacerbar o atenuar el déficit forrajero durante una sequía agronómica. Pero para mantener el plano de alimentación del rodeo lechero es necesario disponer de alimento extra, que sea posible utilizar rápidamente ante situaciones de crisis.
- La disponibilidad financiera, sea por la capacidad de ahorro del productor o la posibilidad de líneas de crédito ventajosas, que permita cubrir la necesidad de comprar alimento es una medida de impacto significativo.
- Lo más crítico para un sistema productivo que presenta ciertas rigideces, como es en el caso del lechero, es disponer de información en tiempo y forma para tomar decisiones que permitan reducir el impacto de eventos climáticos extremos probables.

3.3.1. Situación actual y evolución reciente

Por su ubicación geográfica, Uruguay presenta excelentes condiciones naturales en materia de suelos y un clima templado que lo hace apto para la producción de leche. Esta producción lechera es de importancia para el país, ya que su creciente expansión y demanda genera mano de obra calificada, afinca a los productores en el campo y permite tener rentas fruto de sus ventas a nivel nacional e internacional (Sierra, 2011).

Durante los últimos diez años la producción de leche uruguaya ha crecido al 3% acumulativo anual, y en los últimos cinco años la tasa de crecimiento llegó al 4% acumulativo anual (Uruguay XXI, 2011), lo que representa actualmente aproximadamente el 10% del producto bruto interno (PBI) agropecuario (Vidal, 2012).

La producción de leche en la fase primaria del complejo, ha aumentado explicada por una mayor intensificación de la producción en una superficie total de tierras para lechería que pasó de un millón de hectáreas en 2001 a 850 mil hectáreas en 2011 (DIEA, 2012). Esto se asocia a una disminución en el número de productores, que en el período 2001-2011, pasó de 5125 a 4433.

La reducción de área ha estado asociada a un aumento simultáneo de la productividad por unidad de superficie que ha permitido mantener la tasa de crecimiento anual de la producción en estos años. Este aumento de productividad se explica por un aumento de la productividad por vaca y no por el número de vacas que permanece relativamente estable.

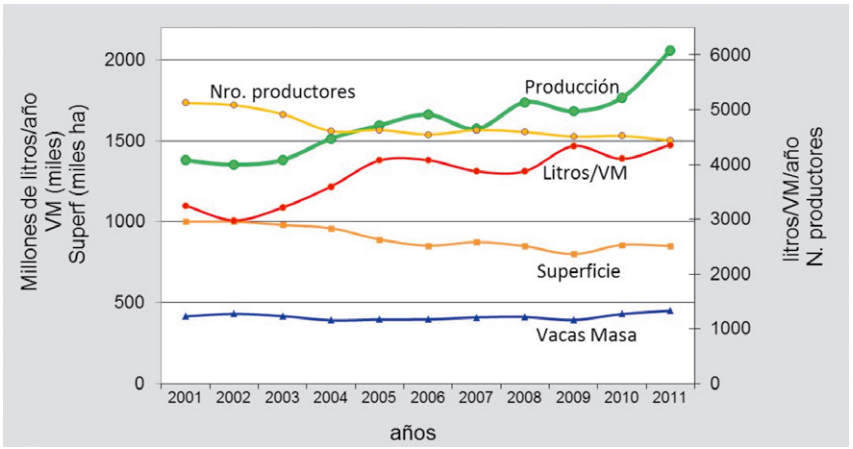


Figura 3.3.1. Evolución de la producción, del número de predios, y de la superficie lechera en la última década. Fuente: DIEA, MGAP

La producción de leche se encuentra concentrada principalmente en el sur del país. Los departamentos de Colonia, San José y Florida representan el 84% de la producción nacional y el 55% de los establecimientos, y contienen la mayoría de las empresas industrializadoras (Uruguay XXI, 2011).

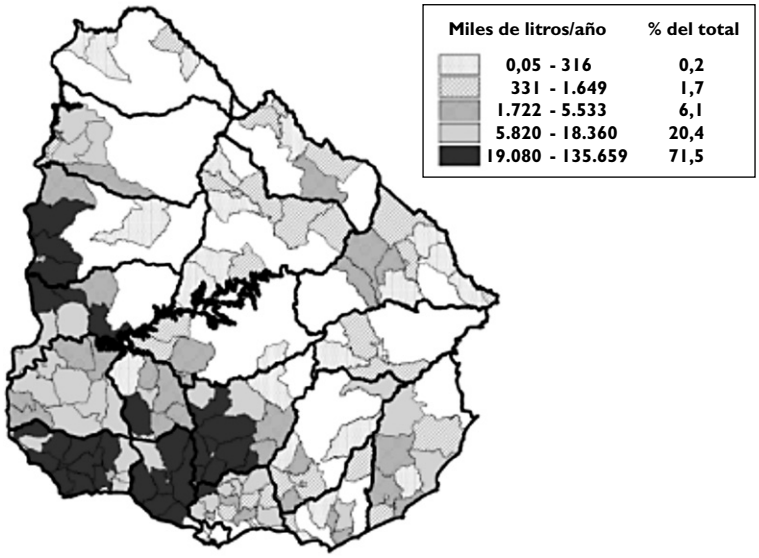


Figura 3.3.2. Producción de leche (porcentaje del total) según seccional policial en 2010/2011. Fuente: MGAP-DIEA 2012, en base a DICOSE

Evolución tecnológica de la producción

Según los datos de la División Contralor de Semovientes (DICOSE), la evolución en el número de productores ha sido decreciente pero asociada a una aumento de la productividad por vaca y a un aumento del número de vacas/ha (evolución 2001 al 2011: + 57% vaca masa/ha y + 34% litros/vaca masa).

Tabla 3.3.1. Características del sector que declara lechería comercial

Año	N° productores	Sup. (mil ha)	Tamaño promedio		Indicadores productividad		
			Vaca Ordeñe	ha	por VO (lts/dia)	por VM (lt/año)	VS/VO
2001	5125	1000	51	195	13,9	3249	0,59
2002	5081	1000	54	197	12,8	2980	0,57
2003	4919	980	54	199	13,8	3215	0,57
2004	4607	960	57	208	15,7	3598	0,49
2005	4628	891	59	193	16,1	4073	0,45
2006	4546	852	61	187	15,9	4078	0,43
2007	4625	874	61	189	15,4	3875	0,45
2008	4592	849	64	185	15.0	3877	0,40
2009	4507	800	61	178	16,9	4334	0,43
2010	4519	857	66	190	16,3	4102	0,48
2011	4433	850	80	192	16.4	4359	0.41

Fuente: elaborado a partir de DICOSE

El crecimiento de la producción se basó en un cambio tecnológico importante (Tabla 3.3.1). La productividad por hectárea se incrementó un 59% en el período 1998-2007 (Hernández y Freiría, 2011). A la mejora de ese indicador de productividad contribuyeron ambos componentes: la productividad por vaca, que aumentó un 21%, y el número de vacas por hectárea que se incrementó un 26%. La relación de vacas en ordeñe sobre vacas totales, una medida de la eficiencia en el manejo del rodeo lechero, se incrementó un 7%.

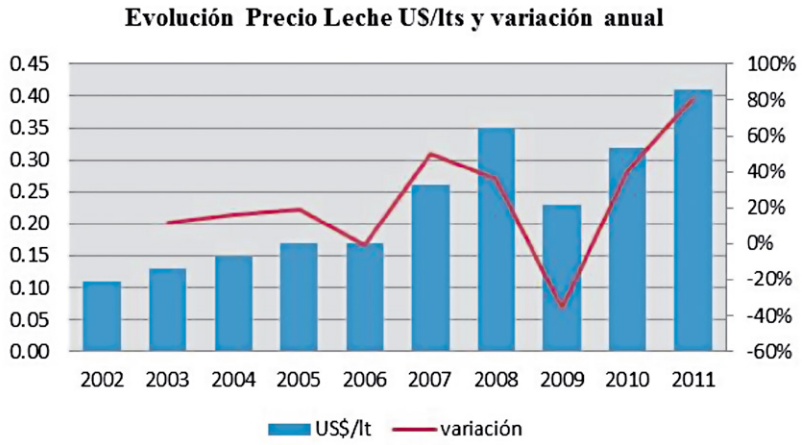
Tabla 3.3.2. Comparación de los principales indicadores tecnológicos entre 1998 y 2007

Indicador	1998	2007
Productividad por ha (litros/ha)	1175	2370
Productividad por vaca (litros/vaca masa)	3192	3875
Vacas por hectárea	0,38	0,48
Relación Vaca Ordeñe/Vaca Masa	65%	69%
Pasturas Mejoradas (% del área total)	40%	60%
Suplementación silo y heno (kg/ha)	471	1239
Suplementación concentrados (gramos/litro)	150	138

Elaborado a partir de las encuestas lecheras DIEA (2009)

La clave de este incremento está en un cambio en la alimentación del ganado, la cual tiene distintos orígenes. Se ha constatado una progresiva sustitución de las pasturas naturales por pasturas mejoradas de alto rendimiento. Para 2007, un 60% del área lechera corresponde a pasturas mejoradas y el uso de la suplementación con silo y heno aumentó.

Más allá de las razones tecnológicas que explican las causas directas del crecimiento, hay motivos estructurales que explican el proceso de cambios radicales que la lechería está confirmando en el período reciente. Uno de ellos es la estabilidad económica que el sector mantiene desde 2010 en adelante que se manifiesta en un precio de la leche en el entorno a 0,35 USD/litro.



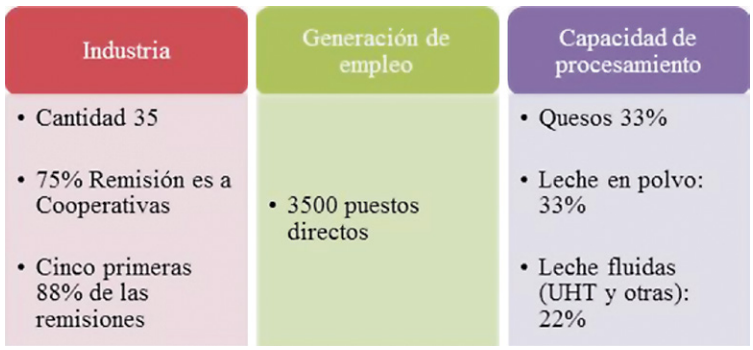
Fuente: OPYPA 2012

Figura 3.3.3. Evolución del precio de la leche (USD/litro) y variación interanual

3.3.2. Industria y comercialización

La industria lechera en el Uruguay está compuesta por 36 empresas que reciben leche de los productores, la cual es en su mayoría de carácter cooperativo y está fuertemente concentrada (Fig. 3.3.4).

Mientas que la remisión a planta ha crecido a tasas del 4% acumulativo anual durante los últimos 20 años, la capacidad industrial lo ha hecho a tasas levemente mayores. Uruguay exporta aproximadamente el 68 % de la leche remitida a planta y solo el 32% se destina al mercado interno.



Fuente: INALE 2012.

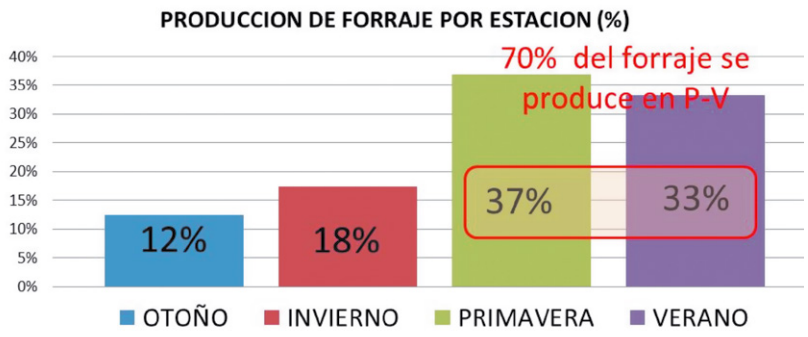
Figura 3.3.4. Características principales de la capacidad industrial de procesamiento de la leche en Uruguay

3.3.3. Caracterización y evaluación de las amenazas climáticas para la lechería

La mayor productividad por unidad de superficie ha llevado a una mayor presión sobre la base forrajera de los tambos y cualquier evento que impacte sobre la producción forrajera, tiene consecuencias en la producción inmediata y residual del sistema. El evento climático extremo que más afecta negativamente a la producción es la sequía agronómica. Estos eventos impactan directamente sobre la tasa de crecimiento de las pasturas y cultivos forrajeros, y consecuentemente sobre la disponibilidad y calidad de forraje a lo largo del año.

¿Cuáles son los momentos del año en que una deficiencia hídrica genera mayor impacto en términos económicos y productivos en los sistemas de producción de leche?

Para la producción de leche, el mayor impacto de las deficiencias hídricas es en la primavera y en el verano ya que en estas estaciones se produce el 70% del forraje anual (pasturas y cultivos forrajeros de verano) (Astigarraga, 2004).



Fuente: Astigarraga (2004)

Figura 3.3.5. Proporción del forraje producido en primavera y verano de una rotación forrajera "tipo" en lechería (Verdeo Invierno/Verdeo Verano, Pradera 1º año, Pradera 2º año, Pradera 3º año)

En los meses de primavera es cuando se registra la máxima producción y calidad del forraje. En este momento del año, la pastura pasa a ser parte importante de la dieta y a su vez se realizan las reservas forrajeras (fardos y silopack). En la primavera es también cuando se realizan las siembras de sorgos forrajeros de pastoreo y las siembras de cultivos de verano para reserva forrajera (ensilaje de cultivos de verano y moha para fardos).

Por su parte en los meses del verano, si bien no se realizan siembras (excepto alguna moha), esta estación es determinante para el rendimiento de los cultivos para reserva forrajera. Sumado a esto, las sequías de verano atentan contra el bienestar animal del rodeo lechero, por las altas temperaturas y muchas veces por la baja disponibilidad de agua para aguada.

Efecto residual de las deficiencias hídricas de primavera-verano sobre el ejercicio siguiente

La producción de forraje de la primavera tiene impacto directo en el ejercicio agrícola en estudio, mientras que la producción de forraje del verano tiene impacto principalmente en el ejercicio agrícola siguiente al afectar la disponibilidad de reservas forrajeras para el invierno siguiente.

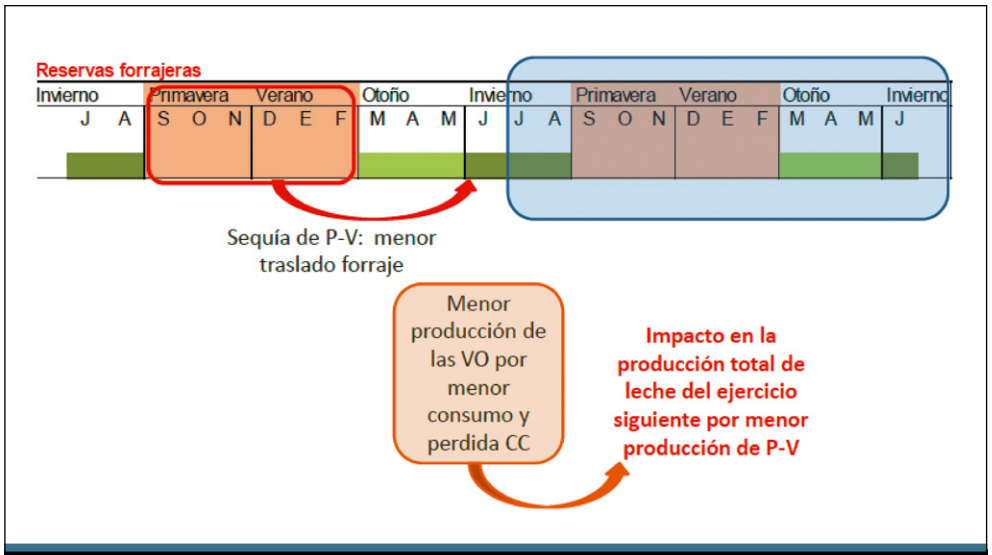


Figura 3.3.6. Efecto residual en el ejercicio siguiente de una sequía agronómica

La reducción de la producción de forraje en primavera-verano trae como consecuencia un menor traslado de forraje para el otoño-invierno del año siguiente (Fig.3.3.6). A nivel de los animales que inician su lactancia en esas estaciones del año, se produce como efecto directo una disminución de la producción y una pérdida de condición corporal, pero el efecto mayor se verá de manera residual en la primavera siguiente ya que las lactancia que no se inician correctamente repercuten en la producción de primavera. Es importante tener en cuenta además que prácticamente el 40 % de la leche del ejercicio se produce en primavera por lo cual, un efecto arrastre de un mal inicio de lactancia tendrá consecuencias importante sobre la producción y el resultado económico de todo el ejercicio.

3.3.4. Estudio de la sensibilidad a la variabilidad climática de la producción lechera

Determinación de los momentos y de la intensidad de las deficiencias hídricas

Para evaluar las características de las deficiencias hídricas de los últimos 12 años en comparación con los años 1931 a 2011, se realizó el Balance Hídrico (BH) seriado a paso mensual (Thornthwaitey Matter, 1967) para Colonia. A partir de la información meteorológica de la Dirección Nacional de Meteorología (DNM) y del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA), se estimó la Evapotranspiración Potencial (ETP). La capacidad de almacenaje de agua de los suelos del área de estudio, fue estimada a partir de la descripción que figura en la Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay (MGAP, 2005).

El BH de un suelo consiste en la cuantificación de las pérdidas y ganancias de agua que se producen en el sistema como un estimador de la disponibilidad de agua que tendrá la cobertura vegetal.

Lluvia + Riego = ET + Var. Alm.+ Escurr. + Drenaje

Donde:

ET: evapotranspiración; Var. Alm.: variación del almacenaje en el suelo; Escurr: escurrimiento superficial; Drenaje: drenaje profundo

Según Thornthwaitey Matter (1967), conociendo las "entradas" de agua al sistema (lluvia + riego), es posible cuantificar la cantidad de agua destinada a cubrir la ET, considerando al suelo como un "reservorio" y tomando en cuenta además que éste ejerce una retención no lineal del agua. Se considera que el escurrimiento superficial y drenaje profundo se manifiestan después de cubrirse la evapotranspiración potencial (ETP) y completarse el almacenaje del suelo. Dicho supuesto se verifica en la realidad si se trabaja a nivel mensual (o como máximo períodos de diez días). Bajo estos supuestos, existirán deficiencias de agua en el suelo cuando ET<ETP y la magnitud corresponderá a la diferencia entre ambas variables (ETP-ET).

Índice de Bienestar Hídrico

A partir del BH se calculó el Índice de Bienestar Hídrico (IBH) el cual resulta del porcentaje de transpiración en función de la demanda potencial diaria (evapotranspiración real/ETP), los valores cercanos a uno indican que la vegetación se encuentra en valores de transpiración cercanos a la demanda potencial, valores cercanos a cero indican que la vegetación se encuentra bajo severo stress hídrico.

Posteriormente, con los datos del IBH de los meses de los años en estudio, se tipificaron los mismos en seco-normal- húmedo. Los criterios de tipificación en función del trabajo de Cruz et al. (2007), fueron:

ETR/ETP = 1	Mes Húmedo (la disponibilidad de agua no es limitante para las pasturas).
ETR/ETP entre 1 - 0.7	Mes Normal
ETR/ETP < 0.7	Mes Seco (el crecimiento es afectado por la disponibilidad de agua en el suelo).

Tipificación de meses según Índice de Bienestar Hídrico, para la zona suroeste del país

A continuación se presenta la Tabla 3.3.3 con la caracterización mensual del IBH, e indicando en color rojo a los meses "secos", en verde claro a los meses "normales" y en verde oscuro a los meses "húmedos". Asimismo, se presenta en gris oscuro a los años en los cuales se registró una secuencia de más de cinco meses "secos" consecutivos.

Tabla 3.3.3. Caracterización del Índice de Bienestar Hídrico mensual del periodo 1999/2000 al 2010/2011 (los colores indican año seco (rojo), año normal (verde claro), año húmedo (verde oscuro))

1999/2000	1999	7	1.0
	1999	8	1.0
	1999	9	0.96
	1999	10	0.57
	1999	11	0.33
	1999	12	0.67
	2000	1	0.28
	2000	2	0.33
	2000	3	0.76
	2000	4	1.0
	2000	5	1.0
	2000	6	1.0
2000/2001	2000	7	1.0
	2000	8	1.0
	2000	9	1.0
	2000	10	1.0
	2000	11	0.96
	2000	12	0.85
	2001	1	0.94
	2001	2	0.73
	2001	3	1.0
	2001	4	0.96
	2001	5	1.0
	2001	6	1.0
2001/2002	2001	7	1.0
	2001	8	1.0
	2001	9	0.94
	2001	10	1.0
	2001	11	1.0
	2001	12	0.61
	2002	1	0.65
	2002	2	0.55
	2002	3	1.0
	2002	4	1.0
	2002	5	1.0
	2002	6	1.0
2002/2003	2002	7	1.0
	2002	8	1.0
	2002	9	1.0
	2002	10	0.92
	2002	11	1.0
	2002	12	1.0
	2003	1	0.76
	2003	2	1.0
	2003	3	1.0
	2003	4	0.94
	2003	5	1.0
	2003	6	1.0
2003/2004	2003	7	1.0
	2003	8	0.99
	2003	9	1.0
	2003	10	0.89
	2003	11	1.0
	2003	12	0.84
	2004	1	1.0
	2004	2	0.66
	2004	3	0.45
	2004	4	1.0
	2004	5	1.0
	2004	6	1.0
2004/2005	2004	7	1.0
	2004	8	1.0
	2004	9	0.96
	2004	10	0.93
	2004	11	0.76
	2004	12	0.53
	2005	1	0.98
	2005	2	0.29
	2005	3	0.92
	2005	4	1.0
	2005	5	0.99
	2005	6	1.0
2005/2006	2005	7	1.0
	2005	8	1.0
	2005	9	0.98
	2005	10	0.80
	2005	11	0.63
	2005	12	0.32
	2006	1	1.0
	2006	2	0.88
	2006	3	1.0
	2006	4	0.94
	2006	5	0.77
	2006	6	1.0
2006/2007	2006	7	1.0
	2006	8	0.99
	2006	9	0.80
	2006	10	1.0
	2006	11	0.64
	2006	12	0.97
	2007	1	0.43
	2007	2	1.0
	2007	3	1.0
	2007	4	1.0
	2007	5	1.0
	2007	6	1.0
2007/2008	2007	7	0.95
	2007	8	1.0
	2007	9	1.0
	2007	10	1.0
	2007	11	0.72
	2007	12	0.32
	2008	1	0.56
	2008	2	0.87
	2008	3	0.94
	2008	4	0.29
	2008	5	1.0
	2008	6	1.0
2008/2009	2008	7	1.0
	2008	8	0.65
	2008	9	0.50
	2008	10	0.69
	2008	11	0.35
	2008	12	0.28
	2009	1	0.15
	2009	2	1.0
	2009	3	0.98
	2009	4	0.71
	2009	5	0.37
	2009	6	1.0
2009/2010	2009	7	1.0
	2009	8	1.0
	2009	9	1.0
	2009	10	1.0
	2009	11	1.0
	2009	12	0.91
	2010	1	0.72
	2010	2	1.0
	2010	3	0.90
	2010	4	1.0
	2010	5	1.0
	2010	6	1.0
2010/2011	2010	7	1.0
	2010	8	0.91
	2010	9	1.0
	2010	10	0.81
	2010	11	0.46
	2010	12	0.25
	2011	1	0.67
	2011	2	0.19
	2011	3	0.54
	2011	4	1.00
	2011	5	1.00
	2011	6	1.00

En esta serie de años, se destacan las sequías del año 1999-2000 y del año 2008-2009. Sin embargo, en esta caracterización también aparece el 2010-2011 como un año con una secuencia de cinco meses con déficit hídrico, pero con un impacto menor sobre la producción de leche por las razones que se explicarán más adelante y que puede dar pistas en términos de estrategias de adaptación para la producción lechera al déficit hídrico prolongado.

A partir del análisis de la serie de años comprendida entre 1931 al 2011, se calculó la probabilidad de ocurrencia de años con varios meses consecutivos con déficit hídrico en primavera y verano (Tabla 3.3.4).

Tabla 3.3.4. Frecuencia de los años con varios meses consecutivos con IBH menor a 0.7

Probabilidad (%)	Período de retorno (años)	Criterios
38,3	2,6	3 meses consecutivos
17,3	5,8	4 meses consecutivos
6,2	16,2	5 meses consecutivos (año 99/00, año 2010/2011)
2,5	40,5	6 meses consecutivos (año 08/09)

Como ejemplo, para la situación "tres meses consecutivos", la interpretación de esta información es que existe una probabilidad del 38,3% de ocurrencia de valores de IBH<0,7 durante tres meses consecutivos al año, o dicho de otra manera, se espera que esta situación se repita cada 2.6 años. En el otro extremo, podemos decir que existe una probabilidad del 2,5% de ocurrencia de valores de IBH<0,7 durante seis meses consecutivos al año, es decir se espera que esta situación se repita cada 41 años (sequía 2008/2009).

Como se observa en la Tabla 3.3.3 de tipificación de meses según el IBH, en general no se observan dos estaciones seguidas (primavera y verano) con IBH categorizado como seco (color rojo). Sin embargo se destacan los ejercicios 2008-2009 y 2010-2011 con meses con déficit hídrico en las dos estaciones mencionadas, que resultaron en sequía agronómica en el período más reciente. A continuación, se analizará el impacto de estas sequías en los predios lecheros, tanto a nivel productivo como a nivel económico.

Análisis del impacto de las sequías en el período 2002-2011 sobre los principales indicadores de los predios lecheros

La unidad de análisis y estudio seleccionada son los predios lecheros, de los cuales se cuenta con registros físico/productivos y económicos de varios años, se apunta a tener una serie de registros de diez años por lo menos por productor para poder evaluar el impacto de las sequías en variables productivas y económicas.

Para este análisis se utilizó la información de productores lecheros de la Cooperativa Nacional de Productores de Leche (CONAPROLE), correspondiente a doce predios ubicados en la zona sur del país, que cuentan con información productiva y económica de los últimos diez años (2002-2011). Las variables que se tuvieron en cuenta en el estudio se presentan a continuación en el Tabla 3.3.5.

Tabla 3.3.5. Principales variables técnico-productivas de los doce tambos analizados

Variable	Promedio	Máximo	Mínimo
Superficie Pastoreo Lechero (ha SPL)	442	1,091	146
Producción anual (litros)	1.399.650	3.870.311	299.628
Vaca Masa (numero)	251	692	71
Productividad (litros/ha SPL)	3169	7112	1428
Productividad por vaca (litros/VM)	5572	8409	3348
Carga (VM/ha SPL)	0,57	0,94	0,33
Concentrado (kg MS/VM)	1114	3190	216

Impacto de los años secos sobre la producción e interacción con el precio de la leche

A nivel de la producción total de leche, se pueden observar efectos según se analice el déficit hídrico ocurrido en el ejercicio 2005-2006 o las sequías agronómicas del 2008-2009 y la del 2010-2011.

En la Figura 3.3.7 se constata claramente la evolución ascendente que tiene la producción de leche de los doce predios analizados, con una tasa de crecimiento anual de 381 000 litros/año (R^2=0,95). A pesar de ello, es posible observar que para estos productores, el déficit hídrico del 2005-2006 tuvo un efecto directo en pérdida de producción en el ejercicio corriente, que se arrastró al ejercicio siguiente sin que se pudiera recuperar la producción.

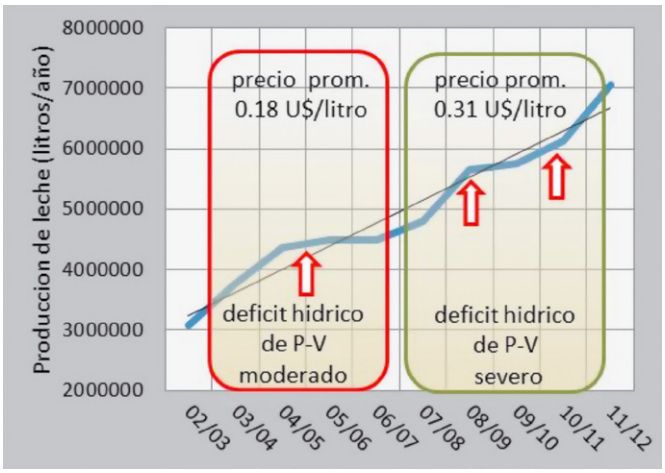


Figura 3.3.7. Evolución de la producción anual (total de los doce predios) para el período 2002-2003 al 2010-2011

La sequía agronómica 2008-2009 tuvo un efecto diferente, ya que en el ejercicio no se observó una pérdida de producción, posiblemente por el efecto residual del manejo aplicado en el ejercicio anterior. En el ejercicio 2007-2008 se registró un precio excepcionalmente alto del litro de leche (+ 90% con respecto al ejercicio anterior) que repercutió a nivel de manejo en una mejora sustancial del plano de alimentación de las vacas durante el otoño-invierno 2008. Las vacas "entraron" a la sequía en buen estado, y los productores gastaron en alimentación (como se verá más adelante) para tratar de no afectar las lactancias siguientes. Sin embargo, el precio de la leche bajó en el ejercicio 2008-2009 (- 30% con respecto al ejercicio anterior), y permaneció incambiado en el 2009-2010. Es en este último ejercicio que se vuelve a observar un efecto de estancamiento en la producción a consecuencia de que los animales no volvieron a recibir igual tratamiento en la alimentación durante el otoño-invierno 2009.

En la sequía agronómica del 2010-2011 se observa una desaceleración de la producción pero, como veremos más adelante, no impacta en el resultado económico.

¿Cómo impacta la sequía sobre los indicadores tecnológicos de los predios?

En la Figura 3.3.8 se puede observar la evolución de la productividad por unidad de superficie, de la productividad por vaca masa y la evolución de la carga y del total de vacas en el conjunto de los doce predios analizados.

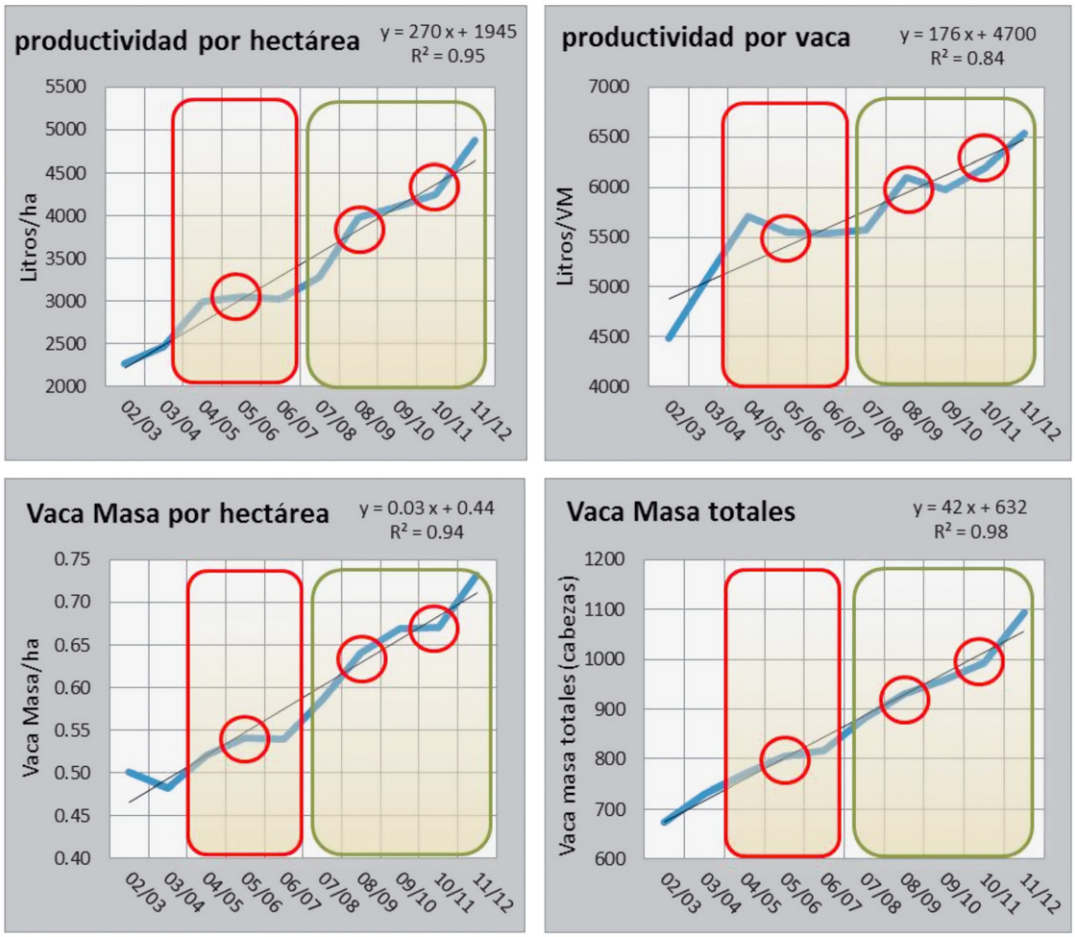


Figura 3.3.8. Evolución de la productividad por unidad de superficie y por vaca masa, y la evolución de la carga y del total de vacas de los doce predios analizados

La productividad por unidad de superficie se estanca del 2005-2006 al 2006-2007 y luego vuelve a recuperarse. En el 2008-2009 no se observa una pérdida de producción, pero sí un estancamiento en el ejercicio siguiente (2009-2010). Estas variaciones están más asociadas a las variaciones en la productividad por vaca masa que en la cantidad de vaca masa presente en los predios (esto es más fácilmente visualizable en la evolución del número total de vaca masa que prácticamente sigue aumentando a una tasa de 42 vacas/año).

En este sentido, los tambos tienen poca flexibilidad para modificar la carga ya que implica afectar la producción de años subsiguientes, con consecuencias en el resultado económico

y una recuperación lenta para recomponer el rodeo (en general se hace siempre por crecimiento propio del rodeo). La productividad por vaca es una variable de respuesta del sistema que es mucho más flexible, tanto a las variaciones de las relaciones de precio insumo/producto, como a las variaciones de la disponibilidad de forraje debido a eventos climáticos extremos. La productividad por vaca es más fácil de recuperar pasada la perturbación que la afectó, más allá de que pueda aparecer un efecto residual en el ejercicio siguiente, este efecto es el observado en el ejercicio 2005-2006 y en el siguiente. Sin embrago, en el 2008-2009 no se observa una disminución, explicado por el manejo de la alimentación que realizaron estos predios como ya se mencionó.

Con respecto a la sequía agronómica registrada en el 2010-2011, no se constata una disminución en la productividad por hectárea ni por vaca. Las razones de este comportamiento están asociadas a un manejo diferencial de la alimentación en base a una mayor disponibilidad de reservas como se verá a continuación.

Uso de concentrado y de reservas forrajeras durante el período 2002-2005 al 2010-2011

Las estrategias, asociados a las relaciones insumo/producto, para paliar los déficits hídricos en los ejercicios 2005-2006, 2008-2009 y 2010-2011, fueron diferentes entre ejercicios según la disponibilidad o no, de reservas forrajeras almacenadas previamente.

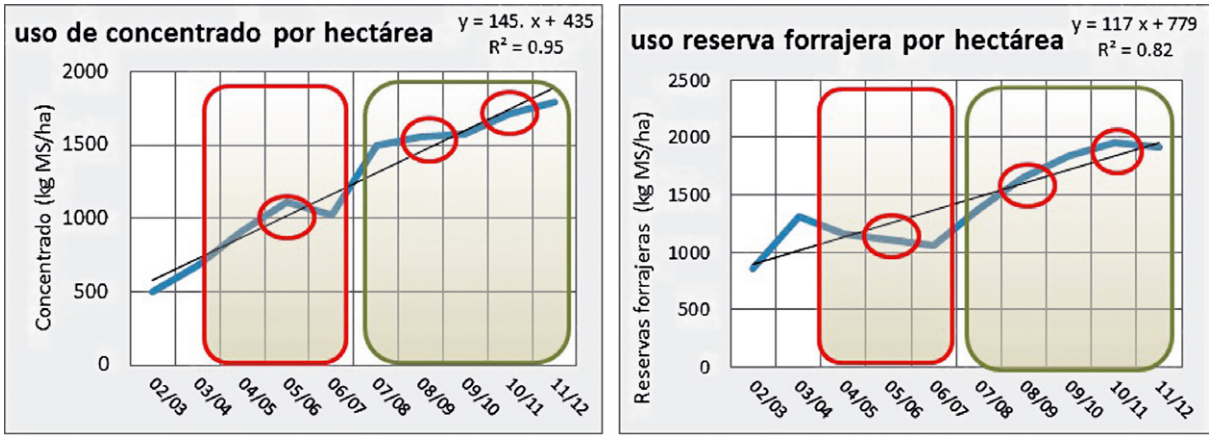


Figura 3.3.9. Evolución en el uso de concentrado y de reservas forrajeras para el conjunto de los doce predios analizados

En el ejercicio 2008-2009 se apuntó a aumentar el suministro de concentrado para paliar el déficit de forraje (por la pérdida de praderas y por menor disponibilidad de reserva forrajera). Sin embargo, en el ejercicio 2010-2011 se hizo un mayor uso de las reservas forrajeras (almacenadas del ejercicio anterior) lo cual permitió no tener que recurrir a un aumento del suministro de concentrado para paliar el déficit de alimento producto del déficit de la oferta forrajera (Fig.3.3.9).

Por otro lado, es interesante observar que la regresión lineal calculada para el uso de las reservas forrajeras presenta un coeficiente de determinación menor (R^2=0,82) lo cual muestra un menor ajuste en términos de crecimiento anual, es decir las variaciones con respecto a la recta de regresión son mayores para el período analizado. Ello podría estar indicando una mayor dificultad a nivel de los predios para poder estabilizar la producción de reservas forrajeras año a año por la variabilidad climática en las estaciones de primavera-verano entre años.

Impacto del déficit hídrico de primavera-verano sobre el resultado económico de los predios en el período 2002-2003 al 2010-2011

Para analizar el impacto sobre el resultado económico se analizó la evolución del margen sobre alimentación (descontándose del ingreso por leche, los gastos de concentrado, reservas forrajeras y pasturas) expresado por unidad de superficie.

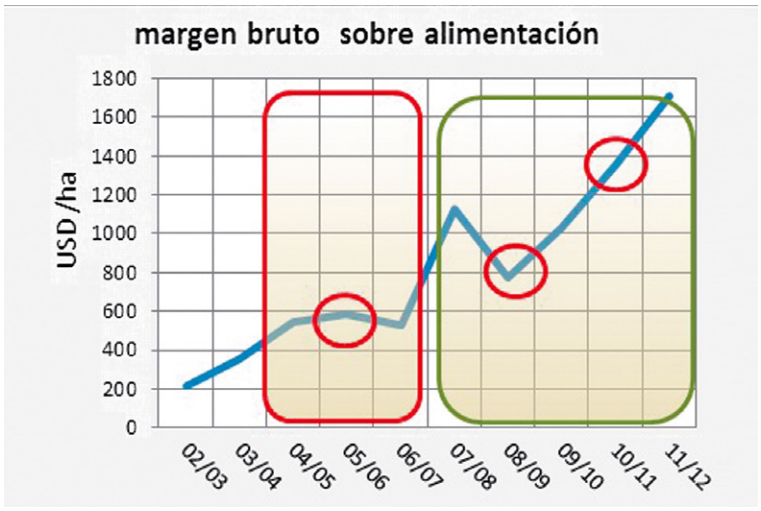


Figura 3.3.10. Margen bruto sobre alimentación (u$/ha) promedio de los 12 predios para el periodo 2002/2003 al 2010/2011

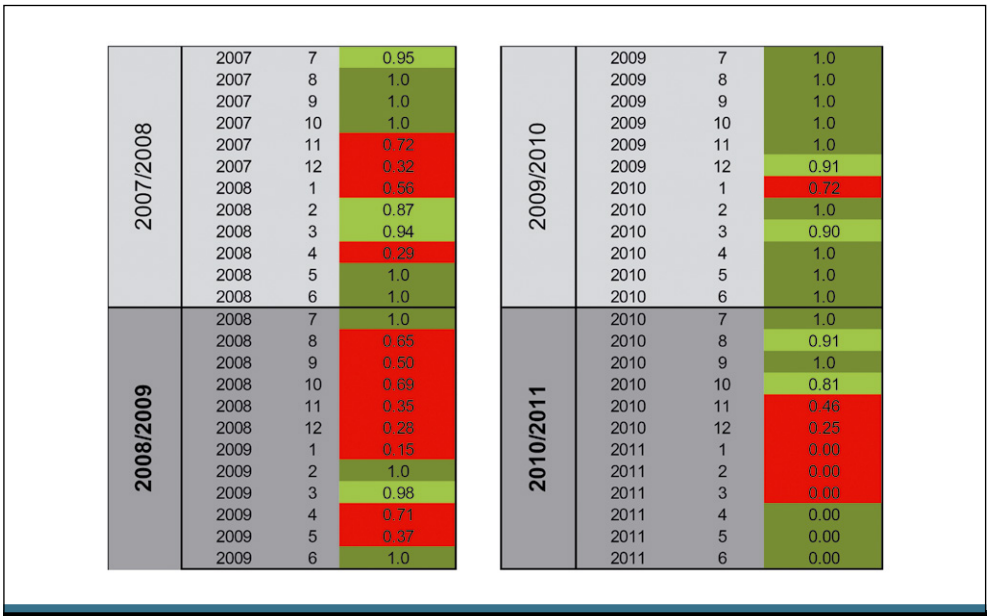
El análisis del margen bruto sobre alimentación muestra el efecto del sobrecosto de la alimentación en períodos de déficit hídrico como puede observarse en los ejercicios 2005-2006 y 2008-2009 (Fig.3.3.10). Sin embargo, en el ejercicio 2010-2011 este sobrecosto no se observa, lo cual está asociado a que el déficit forrajero en esta sequía agronómica se palió en base a las reservas forrajeras acumuladas en el ejercicio anterior y no en base a una mayor compra de concentrado.

Para analizar mejor las diferencias en términos de resultado productivo y económico a nivel de predio entre las sequías agronómicas de los años 2008-2009 y 2010-2011 debemos analizar nuevamente el cálculo del IBH mensual para el periodo 2007-2008 al 2010-2011.

Impacto de una sequía agronómica precedida por un año con tres o más meses con déficit hídrico en primavera-verano

Al momento de evaluar el impacto de una sequía agronómica sobre los sistemas de producción, es importante tomar en cuenta también el antecedente del ejercicio anterior.

En la Figura 3.3.11, se muestra la tipificación de los meses según su IBH y se observan las diferencias de antecedentes para las dos últimas sequías agronómicas reportadas.



2007/2008	2007	7	0.95
	2007	8	1.0
	2007	9	1.0
	2007	10	1.0
	2007	11	0.72
	2007	12	0.32
	2008	1	0.56
	2008	2	0.87
	2008	3	0.94
	2008	4	0.29
	2008	5	1.0
	2008	6	1.0
2008/2009	2008	7	1.0
	2008	8	0.65
	2008	9	0.50
	2008	10	0.69
	2008	11	0.35
	2008	12	0.28
	2009	1	0.15
	2009	2	1.0
	2009	3	0.98
	2009	4	0.71
	2009	5	0.37
	2009	6	1.0

2009/2010	2009	7	1.0
	2009	8	1.0
	2009	9	1.0
	2009	10	1.0
	2009	11	1.0
	2009	12	0.91
	2010	1	0.72
	2010	2	1.0
	2010	3	0.90
	2010	4	1.0
	2010	5	1.0
	2010	6	1.0
2010/2011	2010	7	1.0
	2010	8	0.91
	2010	9	1.0
	2010	10	0.81
	2010	11	0.46
	2010	12	0.25
	2011	1	0.00
	2011	2	0.00
	2011	3	0.00
	2011	4	0.00
	2011	5	0.00
	2011	6	0.00

Figura 3.3.11. Caracterización del ejercicio previo a las sequías agronómicas del 2009-2009 y del 2010-2011

Para el caso de la sequía 2008-2009, se observa que se contaba con un antecedente de primavera-verano del año anterior (2007-2008) con algunos meses secos y con algunos meses del otoño e invierno también identificados como secos. Con este antecedente, la sequía de primavera- verano 2008-2009 tuvo un impacto amplificado sobre la producción. El contar como antecedente a varios meses con déficit hídrico en primavera-verano en el ejercicio anterior, provocó que las pasturas ya ingresaran al 2008-2009 con menor producción y una menor disponibilidad de reservas forrajeras, generándose para el 2008-2009 un escenario de mayor escasez de alimento como efecto de arrastre del ejercicio anterior.

Por su parte la sequía del 2010-2011, si bien se prolongó hasta principios de marzo, la misma se produjo luego de un ejercicio que presentó una primavera-verano (2009-2010) con muy buenas condiciones para la producción de forraje. Esta particularidad posibilitó que los predios pudieran hacer más cantidad de reservas que en años normales y por lo tanto ingresar al ejercicio 2009-2010 con buena disponibilidad de alimento almacenado como heno o ensilaje, permitiendo cubrir el déficit de las reservas forrajeras que no se pudieron realizar en la primavera-verano de 2010-2011.

A modo de resumen se podría decir que el impacto de la deficiencia hídrica variará según sus antecedentes, su duración así como también las estrategias que el predio haya tomado con anterioridad y durante el transcurso de ésta. Si la sequía agronómica está precedida por un año húmedo, es posible que los productores puedan realizar reservas forrajeras excedentarias, mientras que si está precedida por un año más bien seco, es muy posible que no se puedan realizar reservas forrajeras excedentarias que puedan trasladarse para su uso en años con sequía agronómica.

3.3.5. Factores principales que determinan la sensibilidad de los sistemas de producción de leche a la sequía

La respuesta del sistema productivo a una sequía variará en amplitud según sea el nivel de intensificación del sistema, a mayor tasa de crecimiento es de esperar un mayor impacto sobre la performance productiva. La intensificación está asociada a una mayor productividad por vaca y a la carga (VM/ha) del sistema. La variable que más varía con la falta de forraje asociada al déficit hídrico es la productividad por vaca. La carga (o el número de vacas en el predio), es relativamente constante ya que los sistemas de producción de leche son menos flexibles que los sistemas de carne para poder variar el número de vacas (las ventas de vacas se reponen generalmente con el propio crecimiento del rodeo que en Uruguay crece a una tasa promedio entre 5 a 10% anual). Por ello, los predios con mayor carga son más "rígidos" para sobrellevar un déficit forrajero como consecuencia de una sequía agronómica, por lo cual es de esperar que el impacto sobre la producción (directamente o de manera residual) sea mayor.

Por otro lado, las características de la base forrajera en términos de duración de las praderas y especies seleccionadas pueden contribuir a exacerbar el déficit forrajero durante una sequía agronómica. Las pasturas de corta duración tienen mayor probabilidad de perderse durante un déficit hídrico no prolongado y además agravan el problema del "hueco" de otoño como se presenta en la Tabla 3.3.6.

Tabla 3.3.6. Porcentaje de área a sembrar en otoño según el largo de la rotación forrajera del tambo

Rotación forrajera de 4 años de duración

P1	P2	P3	VI / VV
25%			25%

50% del área a sembrar en otoño

Rotación forrajera de 6 años de duración

P1	P2	P3	P4	P5	VI / VV
17%					17%

34% del área a sembrar en otoño

Por ello, se puede afirmar que los sistemas de producción de leche cuyas características se basan en pasturas de corta duración o en un área importante de verdeos anuales, y que además presentan altas cargas, son más sensibles al déficit hídrico de primavera-verano.

Finalmente, en la medida en que a los factores enumerados previamente, se adicione la restricción en términos de capacidad de almacenaje de agua y tolerancia al déficit hídrico de los suelos, la sensibilidad a la sequía agronómica se verá aumentada.

Las situaciones de mayor sensibilidad están asociadas a situaciones en la cuales la mayor parte de la base forrajera está compuesta por pasturas anuales y altas cargas. Estas situaciones son exacerbadas si el predio se encuentra sobre suelos superficiales, los cuales no permiten la acumulación del agua en el perfil ni el buen desarrollo radicular. En el otro extremo están las situaciones de baja sensibilidad caracterizadas por una mayor proporción de pasturas perennes en la rotación, una carga animal más ajustada y suelos con buena profundidad.

3.3.6. Análisis de la capacidad adaptativa de los sistemas de producción de leche

La capacidad adaptativa de los sistemas de producción de leche está asociada a aquellas medidas que puedan paliar o mitigar el impacto de las sequías agronómicas sobre la oferta forrajera para el rodeo lechero. En este sentido, el sistema de alimentación es el primer eslabón a asegurar en el proceso productivo.

La función del sistema forrajero (o del sistema de alimentación en una acepción más amplia) es asegurar la provisión de alimento al rodeo, que tiene una demanda relativamente fija a lo largo del año, a pesar de las fluctuaciones de rendimiento debidas al clima.

Para ello, las estrategias de adaptación tienen que ver con asegurar una base forrajera que pueda sortear un déficit hídrico de primavera verano sin pérdida de área sembrada y que además pueda recuperar rápidamente el crecimiento vegetal al normalizarse el régimen hídrico. En este sentido, las rotaciones de larga duración presentan ventajas en términos de menor área a sembrar en otoño (como ya se mencionó) pero también en términos de las especies forrajeras que las componen. Las rotaciones con ciclos de pradera largos incorporan gramíneas perennes (o alfalfa) en la mezcla, que han mostrado ser las especies que, luego de implantadas, no se pierden durante una sequía agronómica, por lo menos en los rangos y duración de déficit hídrico ocurrido en los años 2008-2009 y 2010-2011. Además, apenas se recupera el agua disponible en suelo, presentan una alta tasa de crecimiento en función de la acumulación de nitratos que ocurre durante estos períodos.

Esta estrategia apunta principalmente a no perder las pasturas sembradas, lo que en general en los tambos lleva además de dinero, tiempo para recomponer. Pero para apuntar a mantener el plano de alimentación del rodeo lechero es necesario poder disponer de alimento extra, que sea posible utilizar rápidamente cuando la oferta de forraje desciende por debajo del umbral "tolerable" para el mantenimiento de la producción de leche. Por otro lado, es de destacar, que el alimento que se vuelve más caro en términos relativos (es decir en comparación a los períodos sin sequía) es la fibra, es decir los alimentos fibrosos como son los fardos y el ensilaje. En términos prácticos, esta particularidad es relevante ya que en el sistema lechero se vuelve muy complejo manejar relaciones mayores al 50% de concentrado en la dieta de las vacas (mayores suministros pueden estar asociados a trastornos ruminales). Por ello, la única estrategia para poder pasar los periodos de escasez forrajera es disponer de reservas forrajeras excedentarias para utilizar en los períodos de déficit hídrico prolongados como han sido las sequías agronómicas del 2008-2009 y 2010-2011.

¿Cuál es el costo de realizar un stock de reserva forrajera equivalente en cantidad al necesario para pasar un año normal por adelantado, es decir tener una reserva forrajera, sin usar, que pase de un año a otro, y solo se use en caso de déficit hídrico prolongado?

Para este análisis se debe calcular cuales son las pérdidas del sistemas productivo por no tomar ninguna medida de adaptación. Se presenta como ejemplo, el cálculo para un tambo de 200 ha, con 140 vacas, que produce 1 000 000 litros/año. Además se realiza el supuesto que este tambo tiene una rotación forrajera de corta duración (cuatro años de rotación) con praderas sembradas con una mezcla de raigrás anual, trébol blanco, trébol rojo y ***lotus corniculatus*** (VI/VV, P1, P2, P3).

Tabla 3.3.7. Precios de la leche, de las reservas forrajeras y costo de implantación de praderas a marzo de 2013

Precio	Unidad	U$
Leche	Litro	0.35
Ensilaje de sorgo planta entera	tonelada MS	70
Pradera de larga duración (con gramíneas perennes)	Hectárea	370
Pradera de corta duración (con raigrás)	Hectárea	320

Tabla 3.3.8. Análisis comparativo entre los costos de implementar o no medidas de adaptación ante la sequía en los sistemas de producción de leche

¿Cuál es el costo de no tomar medidas de adaptación?			¿Cuál es el costo de tomar medidas de adaptación?		
Pérdida producción de leche en el ejercicio	5%	50000 a 0.35 U$/litro = 17.500U$	Costo incremental por sembrar mezcla forrajera con gramínea perenne	+50 U$/ha	50 ha x 50 U$/ha = 1.250 U$
Pérdida de praderas de 1° año (50 ha/año)	50% del área implantada	25 ha a 350 U$/ha = 8.750 U$	Costo de producir ensilaje de planta entera para 140 vacas	1.200 kg MS/VM	168 t MS a 70 U$/t = 11.760 U$
			Costo financiero anual del ensilaje por tener "capital" inmovilizado	5% anual de interés	Por 3 años = 13.614 U$ Por 5 años = 15.009 U$ Por 7 años = 16.548 U$

Esta simulación permite ver la envergadura de las perdidas por no tomar medidas de adaptación en comparación al costo de implementar estrategias de adaptación. En particular el stock anticipado de reservas forrajeras resulta relativamente ventajoso si se toma en cuenta la probabilidad de ocurrencia de un déficit hídrico durante tres meses consecutivos es de 2,6 años (calculado a partir de la serie de los últimos 80 años). Sin duda, esta estrategia puede tener mucho impacto para paliar una sequía agronómica, pero su implementación a nivel del sistema productivo requiere ajustes tecnológicos que no necesariamente están disponibles para todas las regiones donde se realiza la producción de leche en el país (por ej. en un año Niño realizar dos siembras de maíz para ensilaje entre setiembre a abril).

Sin embargo, este último análisis en términos de costos entre no realizar y realizar medidas de adaptación (es decir disponer de un stock de reservas forrajeras por adelantado) no sería eficaz si se produjera una sequía agronómica precedida a su vez por un año con tres o más meses de déficit hídrico en primavera-verano (como fue el caso de la sequía 2008-2009). En este caso, la medida que parece tener impacto es disponer de una reserva financiera que permita cubrir la necesidad de comprar alimento concentrado como única forma de paliar el déficit de alimento en el tambo. Ello podría ser el resultado de una capacidad de ahorro por parte del productor para gastar en estos casos o la posibilidad de líneas de crédito ventajosas a las cuales se pueda recurrir rápidamente en caso de requerirse por un evento extremo de estas características.

3.3.7. Opciones priorizadas para reducir la sensibilidad y aumentar la capacidad adaptativa

Producción de leche en base a productividad por vaca y no en base a carga: A nivel productivo, el análisis de las estrategias de adaptación de los predios lecheros muestra que la variable más sensible (y más "regulable") es la productividad por vaca masa, ya que la reducción de la carga es uno de los últimos ajustes que está dispuesto a realizar un productor lechero. La productividad individual puede variar en función de la cantidad de alimento extra predio que pueda conseguirse.

Un stock de reservas forrajeras por anticipado: El ajuste de la productividad tiene límites ya que por debajo de cierto umbral, se puede estar comprometiendo la producción del ejercicio siguiente en la en medida que el balance energético negativo alcance límites que afecten la reproducción. Por otro lado, la compra de concentrado está asociada a un alto sobrecosto para paliar el déficit forrajero durante una sequía agronómica. Por ello, disponer de reservas forrajeras excedentarias para usar en estos casos puede ser una alternativa que permita reducir las pérdidas productivas y económicas a nivel del sistema productivo.

Las especies perennes como factor estabilizador de la base forrajera: A nivel del diseño del sistema, las bases forrajeras con especies perennes (gramíneas perennes y alfalfa) contribuyen a reducir la pérdida de pasturas durante una sequía agronómica en la medida que estas mezclas presentan una gran capacidad de recuperación al normalizarse el régimen de lluvias. Esta característica es aún más importante en predios con alta carga, por la presión que ejercen estos sistemas sobre la base forrajera.

El impacto de las relaciones de precio insumo/producto: Para implementar estas estrategias de adaptación es importante, como factor externo, las relaciones de precio entre insumos y producto. Esta relación determina la posibilidad de acceder a alimento extrapredio (compra de concentrado) en los momentos de déficit forrajero, lo que apunta a tratar de mantener la producción por vaca y por lo tanto disminuir el impacto residual de una mala alimentación en la lactancia siguiente.

Disponer de información meteorológica con anticipación: En este sentido, es importante disponer de información o pronósticos de mediano plazo, para poder realizar los ajustes necesarios previos a que se instale la sequía. Ejemplos de esto, se vieron en la sequía agronómica 1999-2000 en predios lecheros del departamento de Colonia que pudieron anticiparse en base un pronóstico de mediano plazo y realizaron reservas forrajeras excedentarias para paliar el déficit de forraje durante el otoño y el invierno siguientes. La pregunta que buscan conocer los productores es: ¿En qué estación se va a producir una sequía y cuán intensa va a ser? En una sequía anticipada, las consecuencias se prevén y se han incorporado al sistema productivo estrategias para ajustar la oferta de alimento y la carga dentro de límites que no alteran sustancialmente la productividad del sistema. En una sequía imprevista (y por lo tanto no anticipada), la intensidad o duración de ésta no permite efectuar los ajustes requeridos, es necesario salir a comprar alimento afuera, o aceptar bajar la productividad, y pude que en casos, más extremos, se llegue a la descapitalización y el replanteo del sistema productivo. Lo más crítico para un sistema productivo que presenta ciertas rigideces como es el sistema de producción lechero, es disponer de información en tiempo y forma para evitar las sequías imprevistas, es decir para las cuales no se logra tomar medidas a tiempo para reducir los impactos. En lechería, esta información debería estar disponible por lo menos tres meses antes de la ocurrencia del período de déficit hídrico, para permitir realizar algunos ajustes como secados anticipados de vacas en

producción, priorización de categorías para suplementar, y compra de reservas forrajeras si aún fuera posible por precio y disponibilidad.

Capacidad financiera para paliar pérdidas en momento de sequía agronómica precedida por año con déficit hídrico: En años con sequía agronómica precedida por un año con varios meses consecutivos con déficit hídrico, es posible que varias de las medidas presentadas no lleguen a paliar el déficit de forraje (seguramente no habrá disponibilidad excedentaria de reservas forrajeras ya que deberían haberse utilizado en parte en el año anterior). En estos casos, es importante poder tener un respaldo financiero que permita sortear la crisis sin desarmar el aparato productivo como sería la venta de animales lecheros.

Alguna de las estrategias para enfrentar las sequías son costosas (Ej. el aumento del stock de reservas forrajeras), pero este costo es menor si se compara con las pérdidas económicas directas y residuales que deja una sequía cuando no se toman medidas de adaptación.

3.3.8. Consideraciones finales

El impacto de la deficiencia hídrica sobre los sistemas de producción de leche varía según sus antecedentes y su duración, así como también depende de las estrategias que el predio haya tomado previamente y durante ésta. La respuesta del sistema productivo a una sequía variará en amplitud según sea el nivel de intensificación del sistema: a mayor tasa de crecimiento productivo, es de esperar un mayor impacto sobre la performance del sistema. Los predios con mayor carga son más "rígidos" para sobrellevar un déficit forrajero consecuencia de una sequía agronómica y seguramente el impacto sobre la producción (directamente o de manera residual) sea mayor.

Las características de la base forrajera en términos de duración de las praderas y especies seleccionadas pueden contribuir a exacerbar el déficit forrajero durante una sequía agronómica. Las rotaciones con ciclos de pradera largos que incorporan gramíneas perennes o alfalfa en la mezcla, han mostrado ser las mezclas forrajeras que, luego de implantadas, no se pierden durante una sequía agronómica, por lo menos en los rangos y duración de déficit hídrico ocurridos en el periodo reciente. Esta estrategia apunta principalmente a no perder las pasturas sembradas, lo que en general en los tambos lleva además de dinero, tiempo para recomponer.

Para mantener el plano de alimentación del rodeo lechero durante los meses con déficit hídrico es necesario poder disponer de alimento extra, que sea posible utilizar rápidamente cuando la oferta de forraje desciende por debajo del umbral "tolerable" para el mantenimiento de la producción de leche. La estrategia para poder pasar los períodos de escasez forrajera es disponer de reservas forrajeras excedentarias para utilizar en los períodos de déficit hídrico prolongados.

Sin embargo, si la sequía agronómica es precedida a su vez por un año con tres o más meses de déficit hídrico en primavera-verano, es posible que no haya reservas forrajeras disponibles y en este caso, la medida que parece tener impacto es disponer de una reserva financiera que permita cubrir la necesidad de compra de alimento concentrado como única forma de paliar el déficit de alimento en el tambo. Ello podría ser el resultado de una capacidad de ahorro por parte del productor para gastar en estos casos o la posibilidad de líneas de crédito ventajosas a las cuales se pueda recurrir rápidamente en caso de requerirse por un evento extremo de estas características.

Es importante recalcar la importancia que tiene para la lechería disponer de información o pronósticos de mediano plazo con antelación, para poder realizar los ajustes necesarios previos a que se instale la sequía. Lo más crítico para un sistema productivo que presenta ciertas rigideces como es el sistema de producción lechero, es disponer de información en tiempo y forma para evitar las sequías imprevistas, es decir para las cuales no se logra tomar medidas a tiempo para reducir los impactos.

Los impactos de los eventos climáticos en la lechería sobre la economía global son significativos. Los shocks sobre la producción se propagan dentro del propio sector y hacia otros sectores, generándose efectos a nivel de producción, remuneración de los factores productivos, distribución del ingreso de los hogares y en la generación o destrucción de puestos de trabajo.

3.4. Agricultura de secano

MENSAJES CLAVE

- Las amenazas climáticas que ocasionan mayores perjuicios para la agricultura de secano son las sequías y las heladas. El análisis de los rendimientos de trigo, maíz y soja en años con precipitaciones por encima de lo normal (Niño), por debajo de lo normal (Niña) y sin tendencia clara (Neutro) evidencia la necesidad de seguir una estrategia de siembra.
- La diversificación, tanto de cultivos como geográfica, puede ser una estrategia a seguir para mejorar la gestión del riesgo.
- En una situación donde el acceso a sistemas de riego es posible, la limitante del recurso agua no existiría (a no ser en casos extremos), lo que permitiría tanto asegurar los rendimientos como aumentarlos.
- Los seguros agropecuarios frente a eventos climáticos adversos disminuyen la posibilidad de sufrir pérdidas totales. Si bien los seguros generan un costo, no son inaccesibles para los productores con menor capacidad financiera, en estos casos el acceso a la información estaría jugando un rol muy importante.
- El uso de mercados a futuro permiten asegurar un precio con anticipación y por tanto se conoce con qué rendimiento mínimo se logra el punto de equilibrio y se puede decidir si sembrar o no sembrar.

3.4.1. Situación actual y evolución reciente

El área agrícola uruguaya, entre 1960 y 1990, se redujo progresivamente. En consecuencia en 2000-2001 se alcanzó un mínimo histórico por debajo de las 400 000 ha sembradas de cultivos de invierno (trigo y cebada) y de verano (maíz, sorgo y girasol) (De los Campos y Pereira, s/p). Las causas de este descenso son entre otras cosas los bajos precios internacionales, los altos costos internos y los problemas climáticos y sanitarios que afectaron de forma sucesiva al sector agrícola. A partir del 2002 estas tendencias negativas comienzan a revertirse y se generó un proceso de expansión agrícola. En estos años se da un aumento del área de cultivos, motivado principalmente por la inclusión del cultivo de soja a comienzos del año 2000, la aparición de nuevas empresas, junto con innovaciones tecnológicas como la siembra directa y los cultivos transgénicos (Arbeletche y Gutiérrez, 2011).

Este proceso genera fuertes incrementos en los resultados económicos del país, medidos a través del valor bruto de producción (VBP) agrícola y las exportaciones, así como una fuerte concentración productiva, marginación de los productores más pequeños y cambios en la tenencia de la tierra, con aumento del precio de ésta y de sus valores de renta. En el año 2010, el 1% de los agricultores concentraba el 30% del área cultivada. En términos económicos dicha evolución se refleja en incrementos del VBP en el sector agropecuario que del 2000 al 2010 fue de 843%, lo que implica un crecimiento acumulativo anual del 22,6%. La agricultura de secano tiene una participación muy importante en este aumento, principalmente la soja, que pasó de valores casi nulos en el 2000 a ser el 50% del VBP agrícola en el año 2010. Las exportaciones de granos pasaron de 50 millones de dólares en el 2000 a 909 millones de dólares en el 2009 (estas cifras incluyen: cebada y malta, soja, girasol, trigo y harina de trigo, sorgo y maíz) (Arbeleche y Gutiérrez, 2011).

Esta expansión agrícola se da tanto en la zona del litoral (región clásica de la agricultura) como en aquellas zonas en las cuales tradicionalmente no se realizaba agricultura. A pesar de esta fuerte expansión, aún no se han llegado a los máximos históricos de ocupación de tierras aptas, lo que indica que de mantenerse las condiciones favorables, éste proceso podría continuar (Arbeleche y Gutiérrez, 2011).

A partir del 2000 se generó un gran cambio en la estructura de producción, donde los agricultores tradicionales disminuyeron en forma muy importante, principalmente los de tipo familiar y los medianeros que no fueron suficientemente competitivos y no pudieron reinsertarse en el medio productivo luego de la crisis del 2002, y fueron sustituidos por nuevos agricultores con lógicas de funcionamiento y formas de desarrollar la actividad relativamente diferentes. Arbeletche y Carballo, (2008), clasifican a los productores que hace años que están en el sector como "viejos agricultores", y a aquellos que aparecen en el país luego de la crisis del 2002, como los "nuevos agricultores".

Una de las principales características de los "nuevos agricultores" es su amplio despliegue geográfico al cultivar grandes superficies tanto en Uruguay como en los países de la región. Esto les permite beneficiarse de las economías de escala, tanto en la compra de insumos como en la venta de sus productos. Y por otro lado generan una estrategia de diversificación del riesgo tanto en el espacio como en el tiempo, con el uso de distintos cultivares y la realización de cultivos en distintas zonas del territorio nacional e incluso en otros países de la región.

Otro impacto de la expansión agrícola, es el incremento neto en el número de trabajadores, que pasó de 609 trabajadores antes de la expansión, a 3233 en el 2008. Existiendo a su vez una mejora en la calidad del trabajo (Arbeletche et al., 2008).

En los últimos años se han dado, a su vez, grandes cambios a nivel tecnológico. Se destacan la aplicación de nuevas tecnologías de labranza como la siembra directa, junto con el uso de semillas transgénicas resistentes a agroquímicos (Arbeletche y Gutiérrez, 2011). La siembra directa supone no sólo un ahorro de combustible y una reducción en los problemas de erosión del suelo, sino también una ganancia de tiempo para realizar las operaciones, acortándose los tiempos de preparación del suelo, lo que facilita la realización de un sistema de doble cultivo anual. Desde el año 2002, de los Campos y Pereira (s/p) destacan un aceleramiento en el ritmo de incorporación de innovaciones tecnológicas, principalmente aquellas relacionadas con insumos y bienes de capital, con un importante ajuste del paquete químico (fertilizantes, fungicidas, insecticidas y herbicidas, destacándose el uso de glifosato), y biológico (semillas). Este paquete tecnológico implica grandes inversiones principalmente por el costo de las sembradoras y permite ahorro de mano de obra, lo que favorece el desarrollo de las grandes empresas (Rodríguez, 2011).

Los cambios más importantes desde el punto de vista tecnológico fueron resumidos por Ernst (2011). A partir del 2002 la posibilidad de realizar doble cultivo anual es favorecida por el paquete tecnológico, aumenta los ingresos de los sistemas de agricultura continua, frente a los sistemas agrícolas ganaderos usados anteriormente, lo que lleva un dominio de este sistema de producción. En los últimos años se dio también un cambio en el uso del suelo, dado el aumento del área bajo sistemas de cultivo continuo. Los nuevos agricultores desarrollan la mayor parte del área en sistemas de agricultura continua, desde su instalación en el país. Hasta el año 2008-2009 los productores tradicionales, en cambio, utilizaban el 50% o más del área que explotaban en rotaciones de cultivos y pasturas permanentes (Arbeleche y Gutierrez, 2011). A partir de ese año la reducción del área en la que se reali-

zan pasturas luego de cultivos, indicaría que los productores tradicionales se han cambiado a sistemas de agricultura continua, realizándose en la actualidad prácticamente toda el área de cultivos bajo sistemas continuos (más de 95%).

A raíz de esta fuerte expansión de la agricultura continua y los problemas de erosión que esto conlleva, el MGAP a través de la Dirección General de Recursos Naturales Renovables (RENARE), comenzó a desarrollar en los últimos años un programa de regulación del uso y manejo de suelos, en el que se regula la rotación de cultivos en base a la capacidad de uso. Esto implica que las secuencias de cultivos, que se venían desarrollando en los últimos años, deban ser ajustadas para presentar niveles de erosión por debajo de la tolerancia fijada para cada suelo.

Para el caso de la agricultura de secano, es evidente que la intensificación productiva, y los cambios en las estructuras y tipos de empresas tienen impactos fuertes en la sensibilidad y capacidad adaptativa de estos agroecosistemas. Las preguntas que surgen frente a este contexto son: ¿La agricultura continua en siembra directa reduce o incrementa la sensibilidad a la variabilidad climática? ¿La extinción de las rotaciones de cultivos con pasturas puede estar implicando un proceso de desadaptación a la variabilidad climática? ¿Qué arreglos empresariales favorecen la capacidad adaptativa?

3.4.2. Metodología para el estudio de la sensibilidad a la variabilidad climática

El presente estudio, sobre el impacto de la variabilidad climática en los actuales sistemas productivos, fue elaborado a partir del uso de modelos de simulación de cultivos y no con bases de datos de productores. Como fue expuesto anteriormente, los sistemas de producción actuales son muy diferentes a los que estaban funcionando hace diez años. En el transcurso de la última década se ha modificado la estructura de producción, la tecnología aplicada y la susceptibilidad de los sistemas al cambio climático.

Mediante la utilización de modelos de simulación de cultivos calibrados y validados localmente es posible evaluar el efecto de las condiciones climáticas utilizando la tecnología de manejo actual (fechas de siembra, sistema de laboreo, híbridos, etc.) sin limitantes sanitarias y nutricionales y, por tanto, estudiar las mejores estrategias agronómicas para estabilizar los rendimientos en un marco de clima cambiante.

Bases de datos utilizadas

Se utilizaron bases de datos climáticos disponibles para las estaciones meteorológicas del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) y la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni (EEMAC) de la Universidad de la República, las cuales fueron utilizadas para correr el modelo de simulación. Para este informe se utilizaron datos de la EEMAC (2002-2011), Estación Experimental La Estanzuela-EELE (1990-2011) y Estación Experimental Tacuarembó-EETB (1990-2011). Los datos necesarios para correr el modelo son los siguientes:

- Temperatura diaria (máxima y mínima) (°C)
- Radiación (Suma diaria) (MJ m^{-2} $día^{-1}$)
- Humedad relativa (máxima y mínima) (%HR)
- Viento (m/s).

Por otra parte fueron utilizadas bases climáticas provenientes de la Dirección Nacional de Meteorología (DNM). Estas bases sólo tenían información de precipitaciones y temperaturas diarias para el período 1950-2008 para Paysandú, Mercedes y Tacuarembó y fueron utilizadas para evaluar las variaciones en precipitaciones y temperaturas a lo largo del tiempo.

Se seleccionaron suelos característicos de sitios agrícolas de cada una de las zonas de producción de la carta de suelos (1:1.000.000).

Los cultivos analizados fueron: maíz, soja y trigo. Se utilizaron los coeficientes genéticos calibrados y validados para las condiciones locales por Mazzilli y Ernst s/p, en el marco del proyecto del Fondo de Promoción de Tecnología Agropecuaria (FPTA 283), que en breve estarán disponibles en la publicación final de la serie INIA-FPTA. Se trabajó asumiendo que no existían limitaciones nutricionales para los cultivos, por lo tanto los rendimientos reportados corresponden a los potenciales para las condiciones climáticas y de suelo a menos que se indique lo contrario. En la Tabla 3.4.1 se presentan las diferentes situaciones de cultivos simulados.

Tabla 3.4.1. Fechas de siembra simuladas por cultivo

Cultivo	Fechas de siembra		
	1	2	3
Maíz	10-sep	30-oct	15-dic
Soja GM IV	20-oct	15-nov	15-dic
Soja GM VI			
Trigo	05-may	10-jun	10-jul

GM: Grupo de madurez

La selección de estas fechas de siembra implica cambios en la ubicación de los períodos críticos de definición del rendimiento en distintas momentos del año, lo que determina diferentes riesgos climáticos. En el caso del trigo al modificar la fecha de siembra se cambia también el cultivar, de manera de seleccionar aquellos cultivares que más se adapten a las respectivas fechas. Para siembras del 5 de mayo, se utilizó como cultivar tipo el Baguette 19; para el 10 de junio, el cultivar Don Alberto; y para el 10 de julio, el cultivar Klein Tauro.

Modelos de Simulación utilizados y supuestos

Se utilizó el modelo de simulación Cropping System Simulation Model (Cropsyst) (Stöckle ***et al.***, 2003). Este modelo de simulación de cultivos es de paso diario y permite el uso con rotaciones de cultivos. Tiene una interfase con el usuario amigable y es de libre distribución. Este modelo fue diseñado para servir como herramienta analítica para estudiar el efecto del ambiente, del sistema de rotación y el manejo sobre la productividad de los cultivos que integran la rotación.

Se han desarrollado varias tesis de grado, a nivel local, en las que se realizaron calibraciones y validaciones de este modelo (Baroffio y Ramos, 2009; D´Ottone, 2011) y existen otras en marcha. Adicionalmente se llevó a cabo un proyecto FPTA en el cuál se trabajó calibrando y validando el modelo para dos materiales genéticos con resultados promisorios en cultivos de: maíz, girasol, soja, trigo y cebada (Mazzilli y Ernst, s/p).

Análisis de las variables climáticas relevantes

Además del análisis con modelos y datos climáticos de paso diario, se estudiaron las variables climáticas más importantes en la determinación del rendimiento durante el período crítico de definición de éste para cada cultivo evaluado. El análisis de los resultados se realizó separando los años en función del régimen hídrico. Para separar distintos tipos de años se utilizó la clasificación del fenómeno de El Niño - Oscilación Sur (ENOS). Este método

fue redescubierto a finales de 1970 e inicio de 1980 por la comunidad científica. Si bien no tiene en cuenta todas las grandes sequías y/o lluvias provee un indicador de anomalías probables para estos factores. De acuerdo a este fenómeno se separaron los años en tres situaciones según el régimen de precipitaciones esperado, lo que no significa que efectivamente se hayan concretado:

- Año Niño: Precipitaciones por encima de lo normal.
- Año Niña: Precipitaciones por debajo de lo normal.
- Año Neutro: Sin tendencia clara de precipitaciones.

Para la clasificación de los años se utilizó la separación generada por la Agencia Meteorológica Japonesa (JMO). El índice es calculado a partir de medias de anomalías de temperatura en el pacífico sur (4°S-4°N, 150°W-90°W). Si el valor del índice es 0,5°C o mayor, por seis meses consecutivos (incluye el trimestre octubre, noviembre y diciembre), el año es considerado desde octubre hasta el próximo setiembre como Niño, si el valor del índice es igual o menor que -0,5°C es Niña (el valor), y en todas las otras alternativas es Neutro.

3.4.3. Resultados

Distribución de años según ENOS

En la Figura 3.4.1 se presenta la proporción de años cuyas características esperadas correspondieron a las de un año Niña, Neutro y Niño para la serie histórica 1950 a 2011. En esta serie un 24 % de los años son considerados con señal Niño, el 24% como Niña y el restante 52% con señal Neutro. Esto implica que en un 48% de las zafras se dispone de una previsión sobre anomalías en las precipitaciones esperadas para el período octubre-setiembre siguiente y que, por tanto, podría ajustarse el manejo de los cultivos en base a ellas.

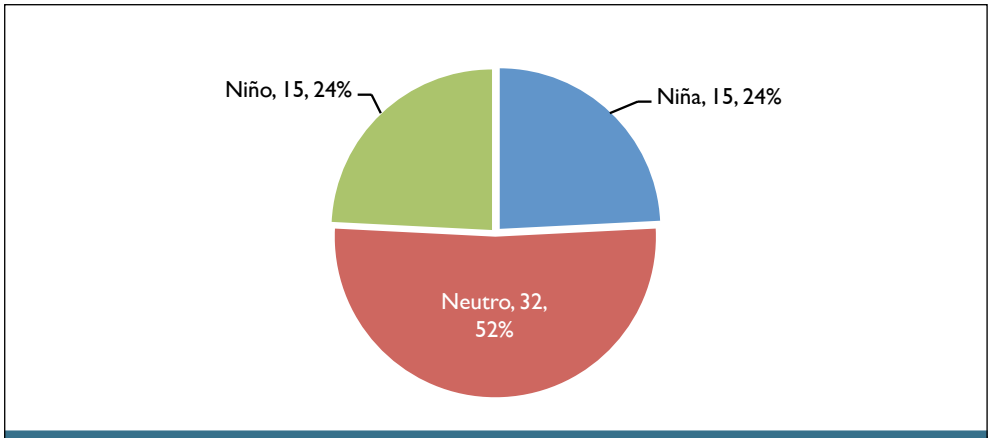


Figura 3.4.1. Años según ENOS (%) para la serie 1950-2011[5]

4 Fuente: Center for Ocean- Atmospheric Prediction Studies <http://coaps.fsu.edu/jma.shtml> mayo 2013.

Distribución de precipitaciones según ENOS

Si bien es conocido el efecto de la señal ENOS es importante estudiar la magnitud de la variación para los distintos meses evaluados. Se presentan resultados de algunas zonas, ya que se observó la misma tendencia para las distintas localidades evaluadas. Se observa claramente, para los tres meses de la primavera evaluados, que hay una tendencia a que en los años Niño las precipitaciones estén por encima de la media (Figura 3.4.2), esta tendencia es más fuerte y con mayores diferencias durante noviembre.

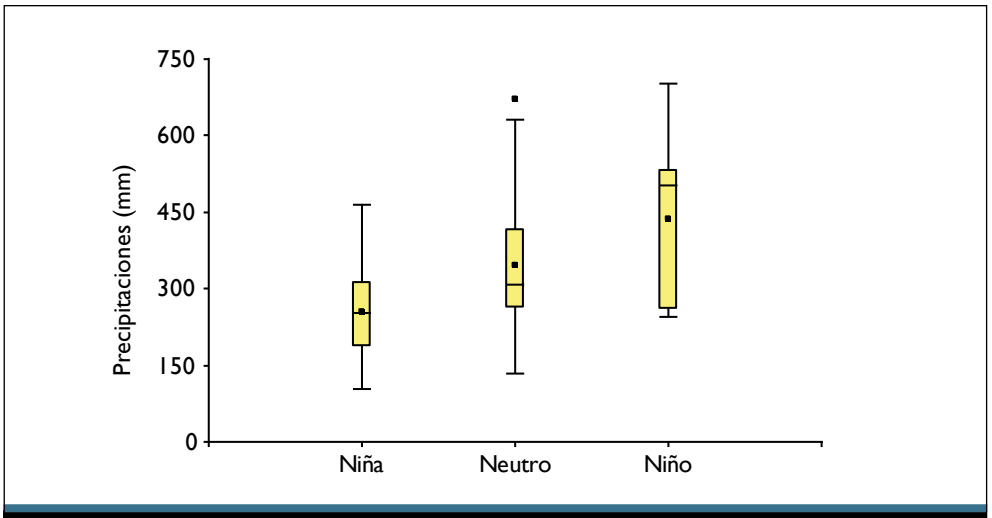


Figura 3.4.2. Precipitaciones según ENOS para la localidad de Paysandú para el trimestre octubre-noviembre-diciembre

Para el resto de los meses dónde ocurren períodos críticos de cultivos (enero, febrero y marzo) la tendencia es a mayores precipitaciones en años Niño y menores en años Niña, donde es muy clara la tendencia en el mes de marzo y no así para enero y febrero (Figura 3.4.3). De todas maneras es posible que desde el punto de vista de los cultivos enero esté influenciado por lo ocurrido en el mes anterior en los niveles de agua en el suelo y exista un efecto más allá de las precipitaciones (Figura 3.4.3).

Al igual que para el trimestre anterior, el análisis conjunto sugiere diferencias entre zafras Niño y Niña en el volumen de precipitaciones y sin diferencias mayores entre años Niño y Neutro. Las precipitaciones en estos períodos estarán afectando principalmente a los cultivos de maíz de segunda y soja (Figura 3.4.4).

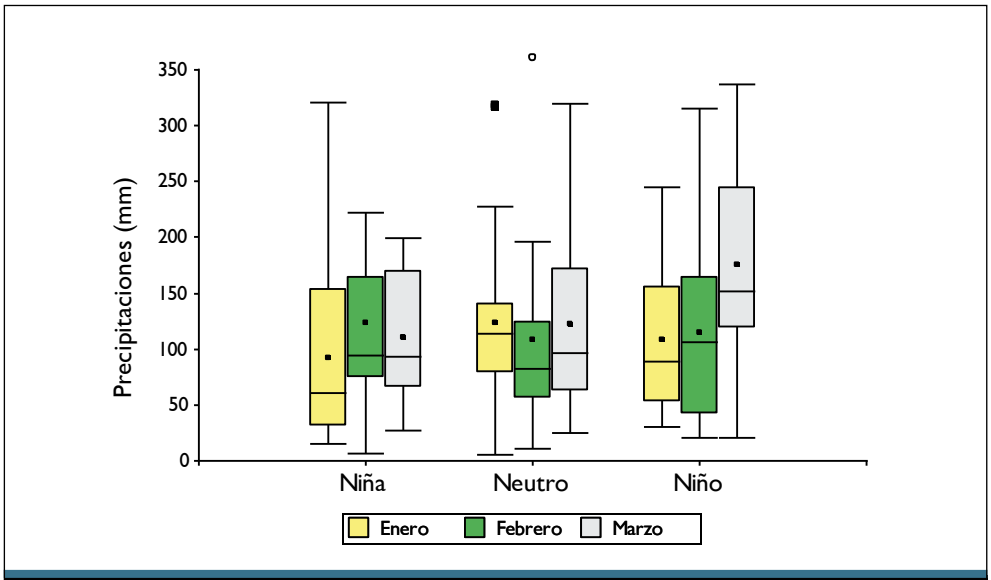


Figura 3.4.3. Precipitaciones según ENOS para la localidad de Mercedes para enero, febrero y marzo

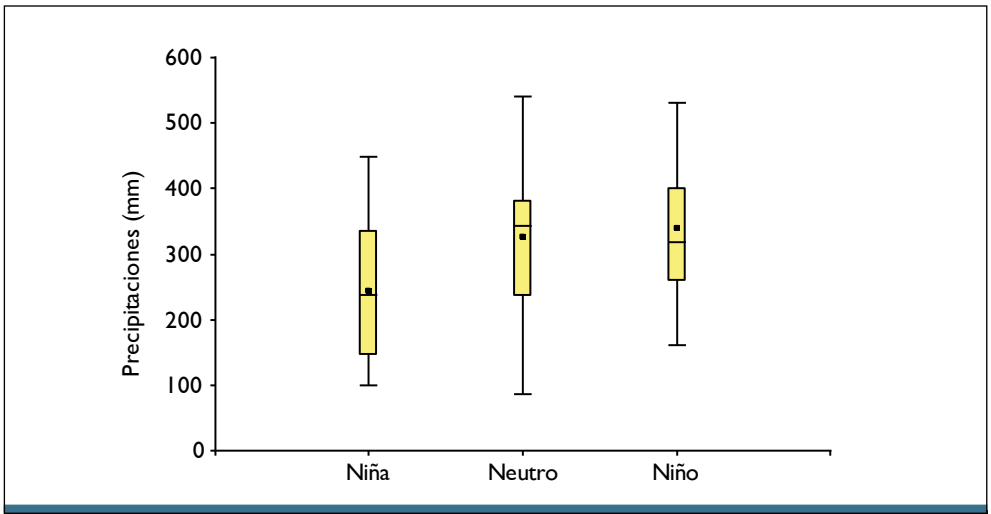


Figura 3.4.4. Precipitaciones según ENOS para la localidad de Mercedes para el trimestre enero, febrero y marzo

Resultados físicos y económicos del análisis por cultivo

Trigo

El rendimiento medio de trigo simulado (para todas las fechas y localidades) es de 5700 kg ha^{-1}, con un coeficiente de variación del 27%, en el mejor de los años el rendimiento aumenta un 53% respecto a la media y en el peor disminuye un 87% respecto a ésta. Como se mostrará más adelante el rendimiento del cultivo de trigo es más estable ante la variabilidad climática que el de los cultivos de verano analizados. De todas maneras en

esta primera etapa no se consideran los problemas de enfermedades asociados a las precipitaciones como la fusariosis de espiga que el modelo de simulación no toma en cuenta.

La fecha de siembra condiciona los rendimientos (Figura 3.4.5), sin embargo para este cultivo se mantiene igual patron de comportamiento para las distintas fechas de siembra, indepentientemente de la clasificación del año (según ENOS). En este cultivo los mayores rendimientos se observan en la fecha de siembra más temprana (5 de mayo) y los menores en la más tardía (10 julio) donde el período crítico del cultivo es más tardío y por tanto el coeficiene fototermal (Q) durante el período crítico es menor, factor que está directamnete asociado a mayores rendimientos.

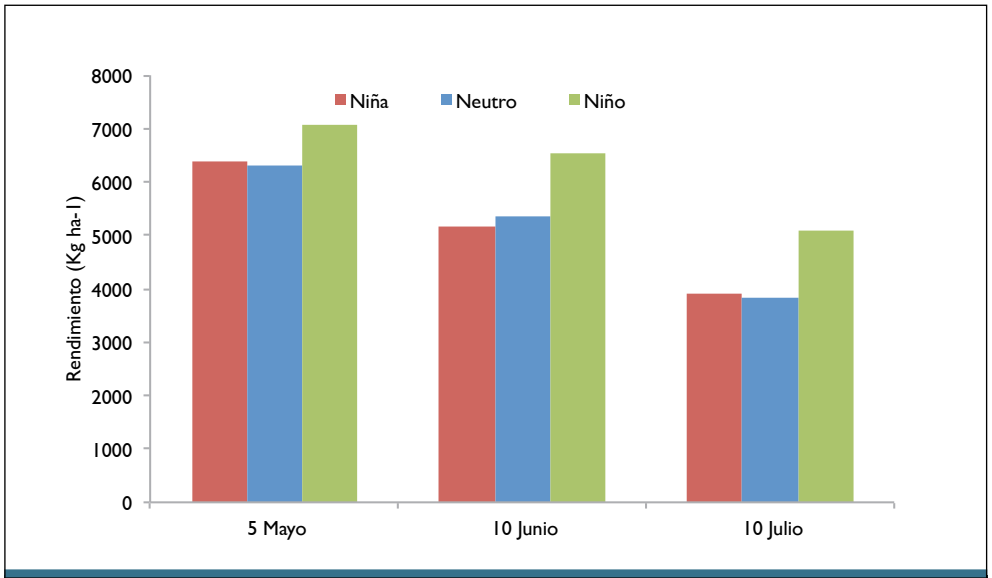


Figura 3.4.5. Relación entre la fecha de siembra de trigo y ENOS sobre el rendimiento de trigo (Colonia 1990-2011)

La distribución de probabilidades de rendimientos según ENOS indica claramente que en ausencia de limitantes bióticas y abióticas los mayores rendimientos están asociados a años clasificados como Niño y los menores a años Niña (Figura 3.4.6). Esto a priori es contra intuitivo ya que lo contrario es esperable a nivel de productores, pero coincidente con los datos nacionales de producción (Figura 3.4.7).

La media nacional de rendimientos del período 2000-2010 (exepto la zafra 2001 año Neutro y 2002 año Niño que tuvieron problemas de fuisariosis de espiga) se observan que los mayores rendimientos se dan en años Niño que en años Niña y Neutro, lo que indica posibles limitaciones a los rendimientos por déficit hídrico en cultivos de invierno.

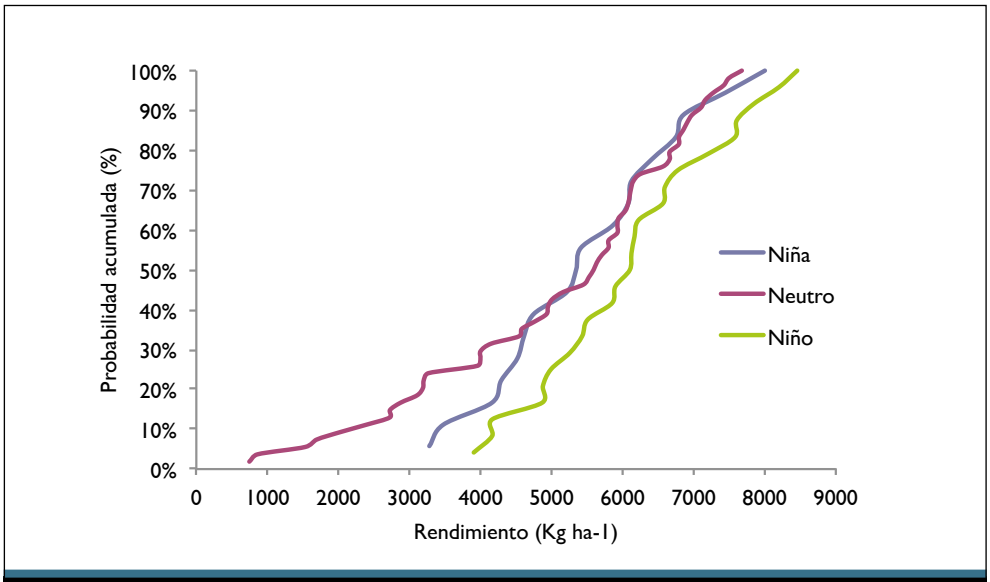


Figura 3.4.6. Distribución de rendimiento alcanzable de trigo según ENOS para el litoral oeste de Uruguay comprendido entre Colonia y Paysandú (1990-2011)

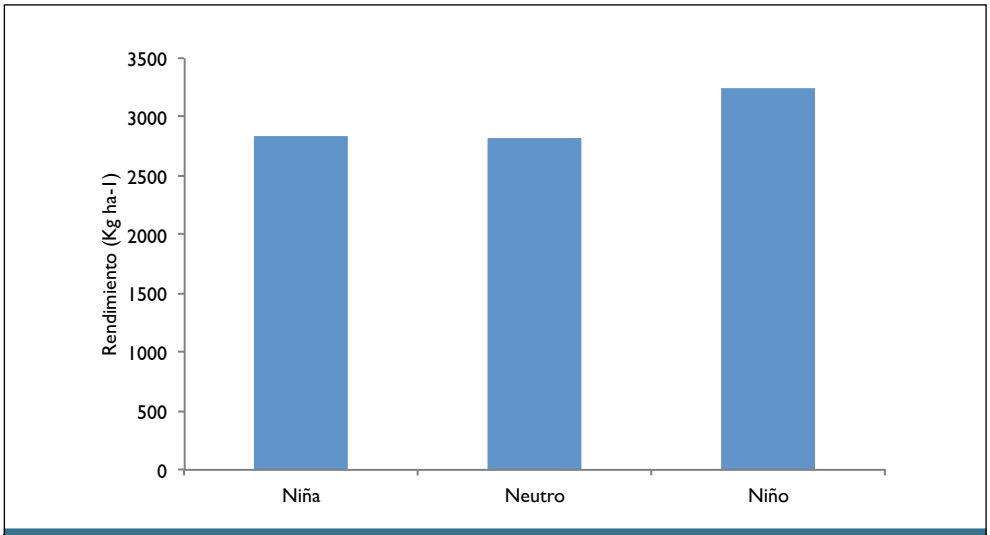


Figura 3.4.7. Media nacional de rendimiento de trigo según ENOS 2000-2011 (sin zafra 2001 y 2002)

Desde el punto de vista económico, para los rendimientos medios simulados, considerándose los costos de producción[5] sin renta de la tierra y precios de grano actuales, el margen neto por hectárea puede variar de U$S ha^{-1} 832 en un año Niño con siembras tempranas, a U$S ha^{-1} 129 en años Niña o Neutros en siembras tardías. El no sembrar en la fecha óptima en un año Niño implica perdidas de U$S ha^{-1} 460 lo que representa un 55% de la ganancia alcanzable promedio. En un año Niña estas pérdidas estimadas son de U$S ha^{-1} 522, lo que representa el 80% del margen de la siembra temprana.

5 Incluye: labores, semilla, fertilizantes, insecticidas, herbicidas y renta

Uno de los factores que pueden estar sesgando los datos y que el modelo CropSyst no tiene en cuenta es la fusariosis de espiga. Por tanto, para evaluar la cantidad de períodos con condiciones predisponentes para la enfermedad se utilizó el modelo propuesto por Moschini et al. (2001), validado para las condiciones locales por Mazzilli et al. (2011), el cual considera que por encima de tres períodos con condiciones predisponentes aumenta el riesgo de la enfermedad. Es conocido que la ocurrencia o no de esta enfermedad es altamente dependiente de las condiciones climáticas a las que esté sometido el cultivo al momento de floración/espigazón: altas humedades relativas (superiores al 80%) acompañadas de altas temperaturas (> 26 °C) condiciones que predisponentes a la misma. Así esta enfermedad se vuelve relevante en primaveras cálidas y húmedas como por ejemplo las ocurridas en el litoral oeste del país en los años 2001 y 2002.

En relación a esto se evaluó el porcentaje de años con más de tres días en los que se dieron condiciones predisponentes para *Fusarium* durante la floración simulada en relación al pronóstico ENOS y la fecha de floración simulada. Como se observa en la Tabla 3.4.2, independientemente de la fecha de siembra, el riesgo de ***Fusarium*** no estuvo asociado a un año Niño, lo que puede estar explicado por un rápido descenso de la humedad relativa luego de una lluvia en este tipo de años. Es importante notar que la mayoría de las floraciones ocurrieron desde fines de setiembre hasta fines de octubre.

Tabla 3.4.2. Porcentaje de años con más de tres eventos de condiciones predisponentes para fusarium durante las fechas de siembra (Colonia 1990-2011)

ENOS	05-may	10-jun	10-jul
Niña	50%	50%	25%
Neutro	62%	54%	38%
Niño	0%	20%	0%

Lo contrario ocurre para el mes de noviembre donde la mayor ocurrencia riesgo de fusariosis de espiga se da en años Niño. A pesar de esto para todas las fechas de siembra evaluadas en Noviembre el cultivo se encuentra en un estado fisiológico más avanzado y, por tanto, el riesgo por esta enfermedad es menor. Esto es coincidente con el régimen de precipitaciones, dónde los años "Niños" el mes que más cambio tenía en las precipitaciones era noviembre (Tabla 3.4.3).

Tabla 3.4.3. Porcentaje de años con más de tres períodos predisponentes para fusariosis de la espiga en trigo según fecha de floración y ENOS (Colonia 1990-2011)

ENOS	% Años C/Condiciones	
	Octubre	Noviembre
Niña	50%	25%
Neutro	38%	23%
Niño	40%	60%

En resumen para el cultivo de trigo, los mayores rendimientos estuvieron asociados a zafras Niño, y esto no implicó un mayor riesgo de fusariosis de espiga siempre que la época de siembra evite siembras con floraciones durante el mes de noviembre, lo cual sería la peor estrategia en todos los años, ya que el efecto de fecha de siembra indicaría que la mejor alternativa son las fechas de siembra tempranas de mayo.

Maíz

El rendimiento medio de maíz obtenido (para todas las fechas y localidades) es de 6890 Kg ha^{-1}, con un coeficiente de variación en los rendimientos del 46%, en el mejor de los años el rendimiento aumenta un 92% respecto a la media, y en el peor disminuye un 98% respecto a ésta. De los factores climáticos evaluados se encontró que tanto para maíz como para soja (se presenta más adelante), la que presentó mejor relación con el rendimiento de los cultivos fue la precipitación durante el período crítico, considerándose este período 20 días antes y 20 días después de floración para el caso de maíz (Figura 3.4.8). De todas maneras la relación es sólo orientativa e indica que hay otros factores como radiación, temperatura y suelo que determinan la curva.

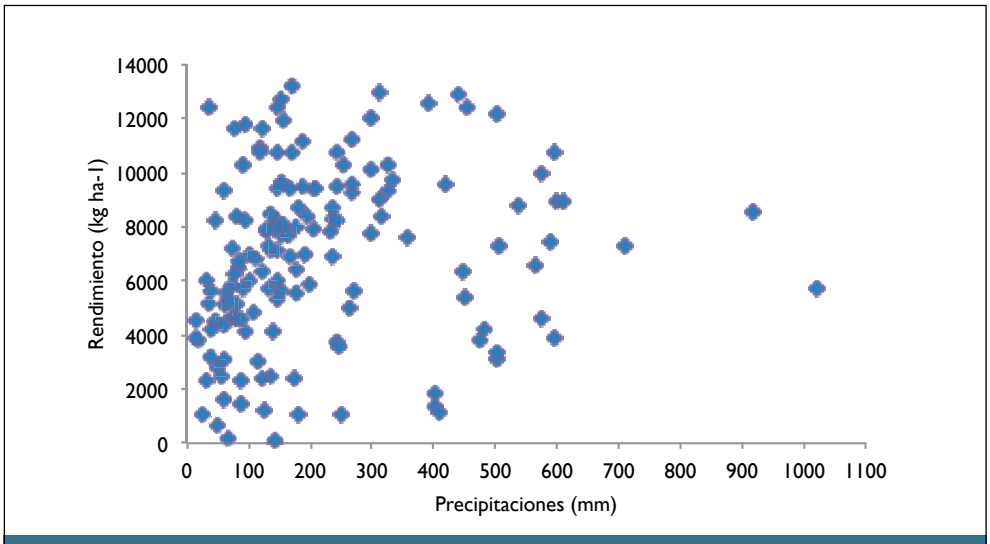


Figura 3.4.8. Rendimiento de maíz según precipitaciones en el periodo crítico para todas las localidades y fechas de siembra

Los rendimientos simulados para las distintas zafras presentaron patrones diferentes para las distintas fechas de siembra. Esto significa que si bien existieron zafras que en su conjunto fueron mejores que otras, no siempre la misma fecha de siembra tuvo el mejor o peor comportamiento. En la Figura 3.4.9 se presenta como ejemplo los rendimientos simulados para la localidad de Tacuarembó. Si se observan con detenimiento zafras como la 2011-2012 se constata que los rendimientos de la siembra de diciembre fueron superiores a las otras dos fechas de siembra, mientras que en la zafra 1990-1991 el comportamiento fue el opuesto.

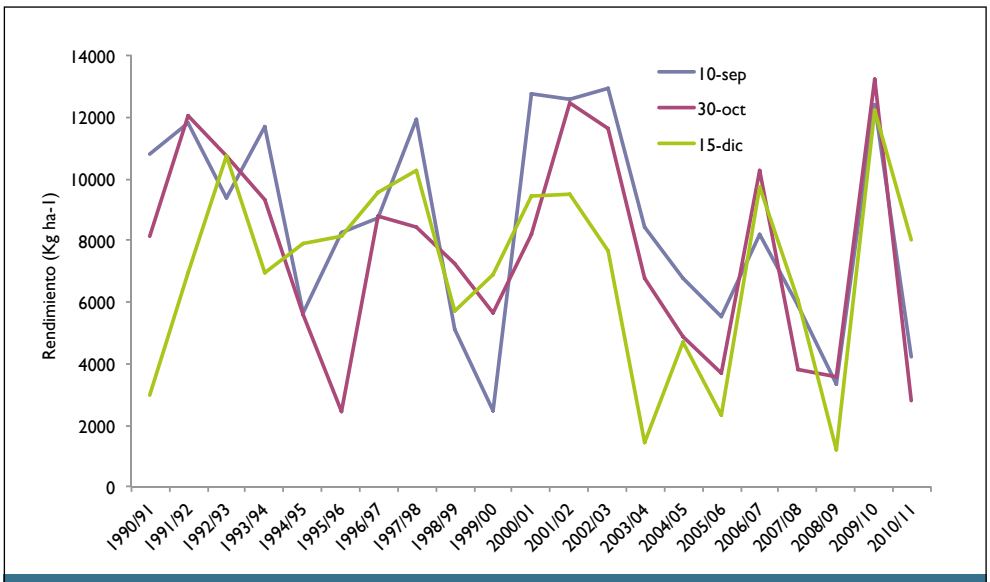


Figura 3.4.9. Rendimiento en grano simulado según zafra para la localidad de Tacuarembó

A diferencia de lo reportado para trigo, el efecto Niño sobre el rendimiento en grano es conocido por los productores para el cultivo de maíz y puede observarse claramente a partir de la información de DIEA 2001 (Figura 3.4.10). A nivel país este tipo de años se encuentra en el entorno de 1000 Kg ha^{-1} por encima de años Neutro y Niña.

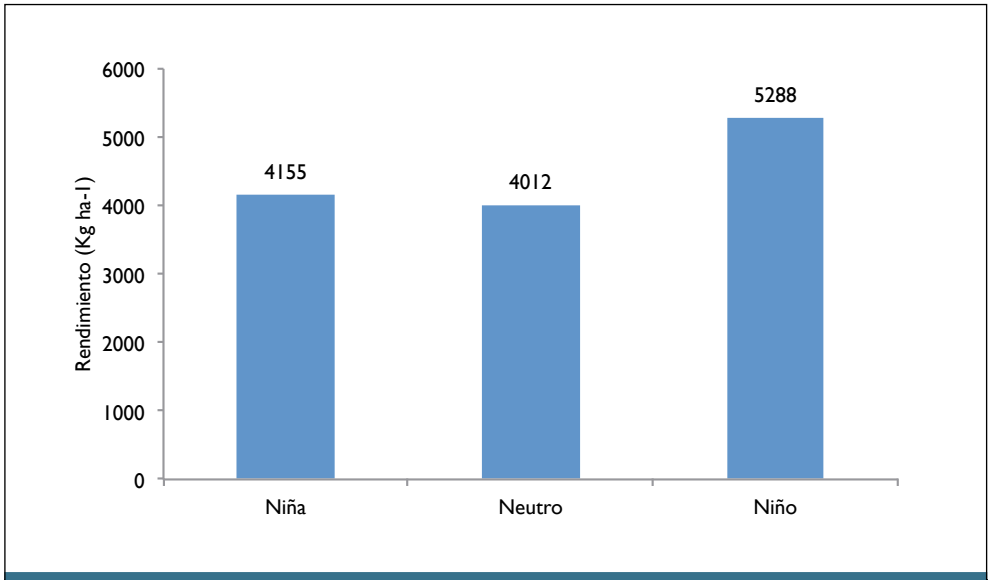


Figura 3.4.10. Rendimiento según ENOS para el período 2000-2010 (DIEA)

Igual conclusión se obtiene de las curvas de distribución de rendimientos según ENOS simuladas para el período 1990-2011 (Figura 3.4.11), donde claramente se observa que cada tipo de años es un universo diferente de probabilidades que nunca conviven.

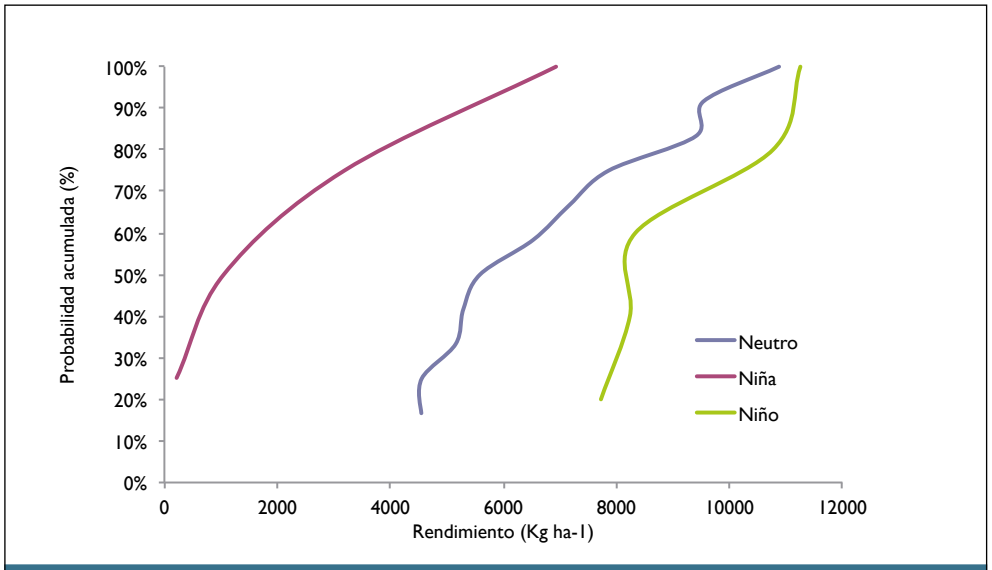


Figura 3.4.11. Probabilidad acumulada de obtener rendimientos de maíz según ENOS (Colonia 1990-2011)

Cuando evaluamos los rendimientos en relación al fenómeno ENOS se observan comportamientos diferentes para las distintas fechas de siembra. En general en los años clasificados como Niño, los rendimientos del cultivo son mayores a los clasificados como Niña, pero las fechas de siembra óptimas se modifican. Mientras que para los años Niño los mayores rendimientos están asociados a siembras tempranas (15/9), para los años Niña los mayores rendimientos están asociados a fechas tardías (15/12). Otro aspecto relevante es que parece ser que la mejor alternativa en años Neutro sigue siendo la siembra temprana aunque se asume un potencial de rendimiento menor que un año Niño (Figura 3.4.12).

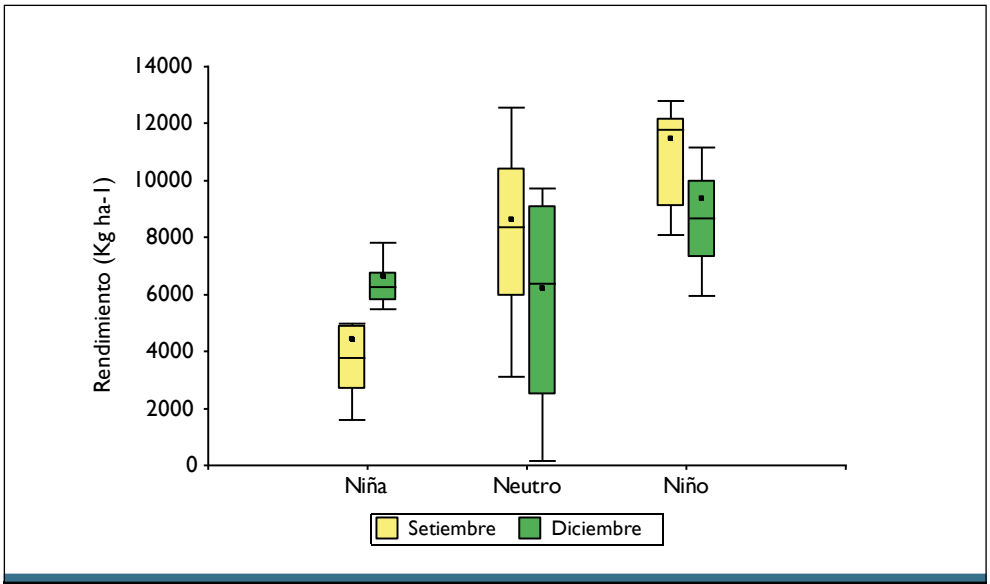


Figura 3.4.12. Rendimiento según ENOS para fechas de siembra de maíz temprana y tardía (Colonia 1990-2011)

Desde el punto de vista económico, considerándose los costos de producción[6] sin incluir renta de la tierra y precios de grano actuales en años Niña las siembras tempranas tienen un margen neto de USD/ha -171, en cambio para esos mismos años en siembras tardías el margen neto medio de los datos simulados es de USD ha^{-1} 367. En años Neutros y Niño donde las siembras tempranas se comportan mejor, las disminuciones promedio en el margen neto por sembrar tarde son de U$S ha^{-1} 335 y U$S ha^{-1} 807 (52 y 56% respectivamente).

Un aspecto que fue manejado como no limitante es la fertilización nitrogenada y para el caso particular del maíz puede ser relevante y variable de acuerdo al tipo de año. Por tanto, se comparó el rendimiento simulado sin limitaciones de nitrógeno en relación a uno con un agregado de 70 kg N ha^{-1} lo cual se considera que es la media utilizada por los productores de secano. Con esto no se pretende evaluar la dosis a agregar, sino simplemente si puede ser una limitante en algunas zafras (Figura 3.4.13).

6 Incluye: labores, semilla, fertilizantes, insecticidas, herbicidas y renta.

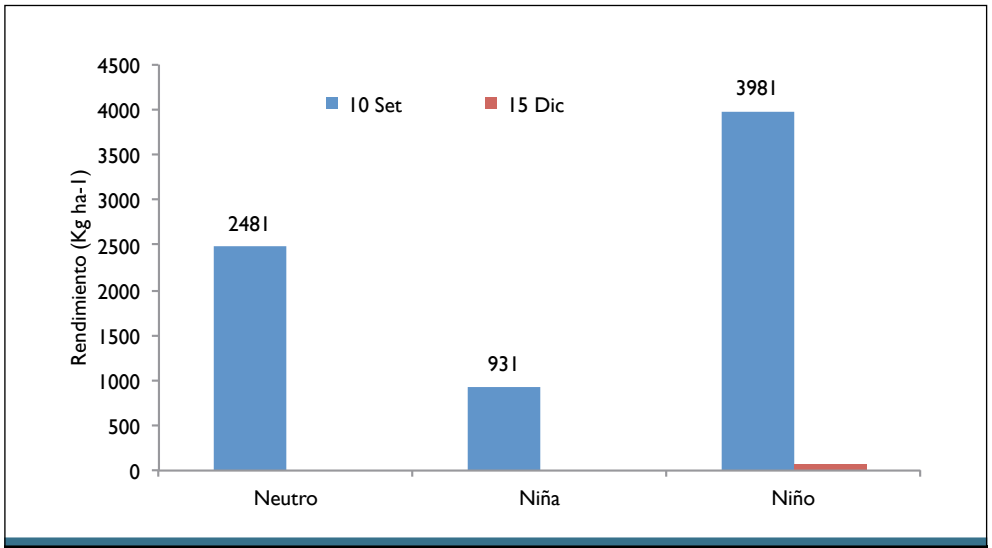


Figura 3.4.13. Diferencia de rendimiento con nitrógeno limitado o sin limitantes para dos fechas de siembra (Colonia 1990-2011)

Claramente se observó que en años Niño y Neutro se podrían explorar mejores rendimientos aumentándose los niveles de fertilización, o dicho de otra manera, es posible que en zafras con mayores precipitaciones la limitante al rendimiento sea el nitrógeno y por tanto se deberían aplicar dosis diferentes de acuerdo al régimen hídrico esperado para el año en el caso de siembras tempranas.

Para el caso de maíz de segunda, a la diferencia entre éste y el de primera sembrado tarde, se le agrega la variación en la disponibilidad de agua en el suelo al momento de la siembra. Para esto se evaluaron dos alternativas de siembra sobre distintas fechas de siembra de trigo (5 mayo y 10 julio) lo que da a fecha de siembra fija de maíz (15 de diciembre) deja distintos días entre madurez fisiológica del trigo y siembra y por tanto distintas probabilidades de recarga del perfil (Figura 3.4.14).

Para las siembras tardías se observa claramente un efecto año muy marcado sin diferencias mayores entre los tipos de siembra, aunque contrario a lo esperado: las siembras con menor cantidad de agua inicial, pero suficiente para la emergencia (en ausencia de limitantes nutricionales) tienden a presentar mayores rendimientos medios (aunque mayor variabilidad) lo que se explica como consecuencia de un menor crecimiento inicial (limitado por agua) lo que determina menor demanda hídrica en períodos posteriores y de mayor relevancia para la determinación de los rendimientos. En contraparte, en años Niña la estrategia de maíz de segunda tiene un importante riesgo asociado, ya que hay un importante porcentaje de años dónde los rendimientos son menores a los 2000 Kg ha^{-1}.

En resumen, la mejor estrategia de fecha de siembra es dependiente del tipo de año: para zafras Niño y Neutra es la siembra temprana y lo opuesto para zafras Niña. Por otra parte es necesario explorar mayores niveles de fertilización en zafras Niño que en el resto de las zafras. Para el caso de maíz de segunda el nivel de riesgo en muy importante para años Niña y, por tanto, se podría manejar la estrategia de no sembrar y/o cambiar de cultivo.

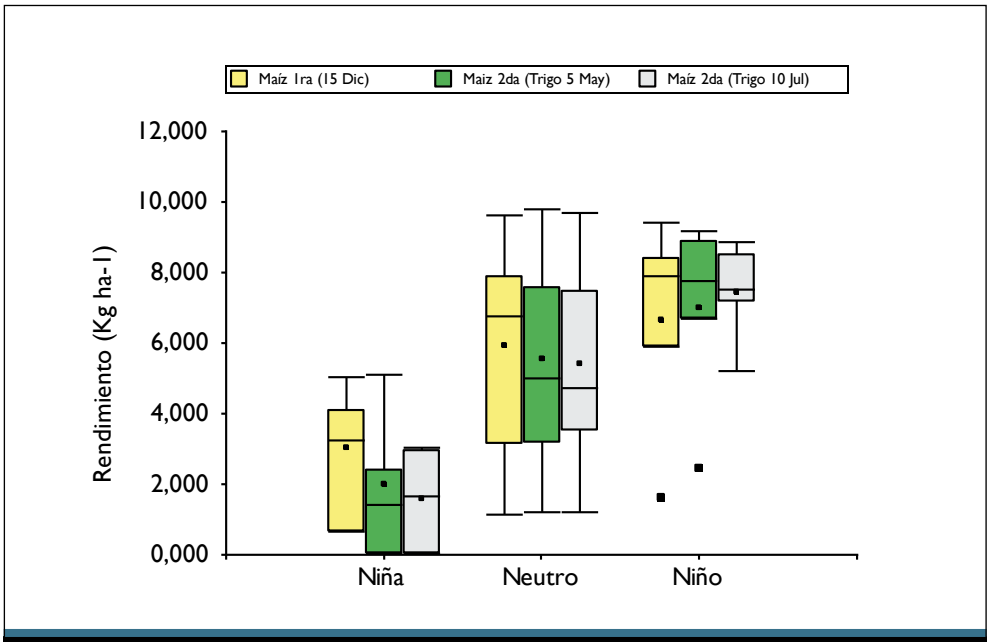


Figura 3.4.14. Rendimiento del maíz para fecha de siembra tardía en tres condiciones hídricas (Colonia 1990-20011)

Soja

El rendimiento medio de soja obtenido para el grupo de madurez (GM) IV (para todas las fechas y localidades) es de 2540 Kg ha^{-1} con un coeficiente de variación del 45%. En el mejor de los años el rendimiento aumenta un 104% respecto a la media (rendimiento máximo de 5200 Kg ha^{-1}) y en el peor año disminuye un 96% (el rendimiento mínimo simulado fue de 90 Kg ha^{-1}). En el caso de la soja grupo VI, el rendimiento medio es de 2730 Kg ha^{-1} con un coeficiente de variación del 43%. En el mejor de los años el rendimiento aumenta un 100% respecto a la media (rendimiento máximo de 5470 Kg ha^{-1}) y en el peor año disminuye un 87% (rendimiento mínimo de 340 Kg ha^{-1}). Comparando a grandes rasgos ambos grupos, se puede decir que el grupo VI presenta mayores rendimientos medios y más estables. Para el caso del cultivo de soja al igual que lo observado para maíz la fecha de siembra determina cambios en los rendimientos máximos según la fecha de siembra a excepción de zafras extremas como el 1999-2000 donde los rendimientos fueron bajos en todas las fechas de siembra.

Respecto a la relación entre la fecha de siembra y el rendimiento dependiente de cómo fue clasificado el año (Figura 3.4.16), se observa en general que años clasificados como Niño tienen los mayores rendimientos en fechas de siembra tempranas para GIV, o medias y tardía para GVI. En cambio en los años Niña los mayores rendimientos están ubicados en fechas de noviembre y diciembre para ambos grupos de madurez. Para años Neutros independientemente del grupo la mejor alternativa fue la siembra temprana de octubre.

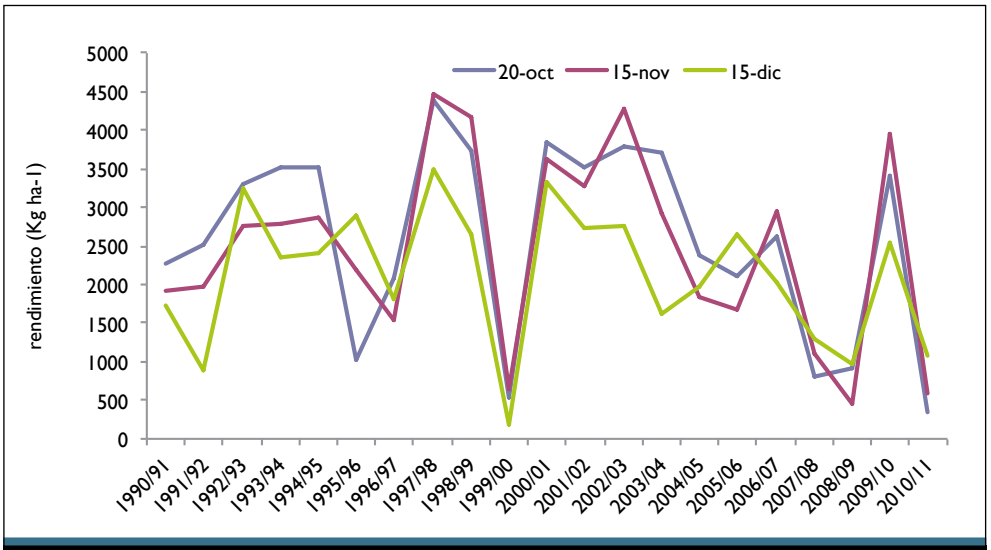


Figura 3.4.15. Rendimiento en grano simulado según zafra para la localidad de Colonia (Soja G VI)

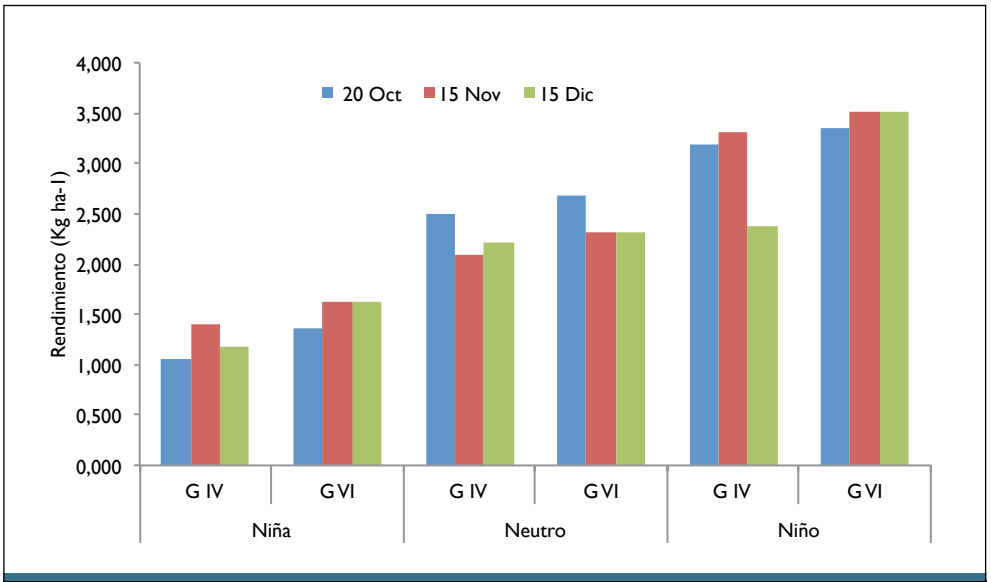


Figura 3.4.16. Rendimiento según fecha de siembra y fenómeno ENOS (Colonia 1990-2011)

Desde el punto de vista económico y considerándose solo el grupo de madurez VI por ser el que mejor se comportó en todas las situaciones, en años Niño el sembrar temprano representa una pérdida de 84 USD ha^{-1} en el margen neto sin renta en relación a las fechas medias y tardías las cuales presentan un margen de 682 USD ha^{-1}. En los años Niña para la relación de costos[7] y precio de grano actual, donde el rendimiento de equilibrio por hectárea 1877 kilogramos, todas las alternativas representan un margen neto negativo, siendo este -117 USD ha^{-1} para siembras medias y tardías y -225 USD ha^{-1}. Por lo tanto y con esta relación de

7 Incluye: labores, semilla, fertilizantes, insecticidas, herbicidas y renta.

precios la mejor alternativa para los años niña es no sembrar. En los años Neutros donde la mejor opción son las siembras tempranas las pérdidas por sembrar el 15 de noviembre o el 15 de diciembre son de 147 USD ha^{-1} y es el margen neto simulado para fechas tempranas de 325 USD ha^{-1}.

Cuando se analizan los rendimientos de soja de segunda, independientemente del tipo de trigo sobre el cual venga (temprano o tarde) y el GM utilizado, las difere entre tipo de año son muy notorias (Figura 3.4.17). Desde el punto de vista económico, considerando que los costos por hectárea de la soja de segunda son menores el rendimiento de equilibrio 1283 kg/ha. Por lo tanto, en los años Niña nuevamente la mejor opción es no sembrar.

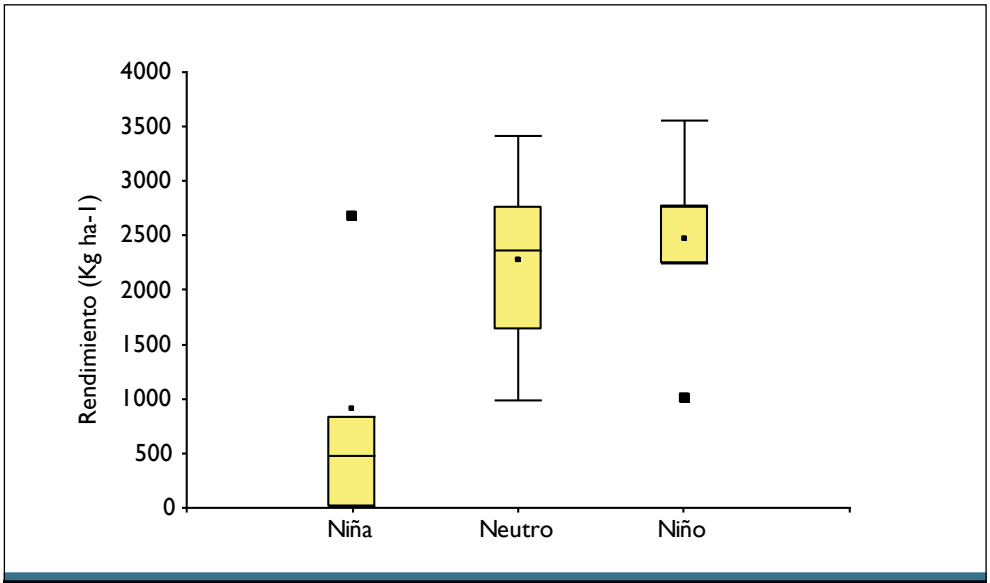


Figura 3.4.17. Rendimiento de soja de segunda según tipo de año (Tacuarembó 1990-2011)

En resumen, para soja de primera en años Niño y Neutro, la mejor alternativa son las siembras de G VI el 20 de octubre, mientras que en años Niña la opción más favorable es la siembra de grupo VI el 15 de noviembre, sin embargo con la coyuntura actual le mejor alternativa sería no sembrar. Esto estaría indicando que los G IV no son los más adaptados a las condiciones simuladas y posiblemente el análisis más completo deba incorporar grupos de siembra intermedios.

<u>Opciones priorizadas para reducir la sensibilidad, aumentar la capacidad adaptativa y construir resiliencia a nivel de sistemas de producción</u>

A partir del presente estudio se detectaron cinco posibles estrategias de manejo de cultivos para enfrentar el problema de la variabilidad climática:

1.- No sembrar

2.- Cambiar el cultivo

3.- Cambiar la fecha de siembra del cultivar seleccionado

4.- Cambiar el cultivar (largo del ciclo)

5.- Modificar la fertilización nitrogenada

Para el caso de la ***fecha de siembra*** se encontró que es posible con el uso del pronóstico ENOS ajustar la facha de siembra de manera de reducir el riesgo de bajas precipitaciones durante el período crítico en cultivos de verano. Para el caso del cultivo de maíz, se observó que hay una clara diferencia en los rendimientos obtenidos según se trate de un año Niño o año Niña, donde independientemente de la fecha de siembra (temprana- media-tardía), los rendimientos fueron mayores para el caso de años Niño. Por lo tanto, si bien estos rendimientos son mayores con fechas de siembra temprana, en caso de ocurrencia de déficit hídrico, año Niña, las mejores respuestas se obtuvieron con fechas de siembra tardías, dado que el período crítico del cultivo escapa a dichas condiciones acompañadas con las máximas temperaturas del verano (enero).

Para el caso del cultivo de soja, según sea la clasificación ENOS y según el grupo madurez del cultivo, el comportamiento es significativamente diferente frente a igual fecha de siembra. Cuando se trata de años Niño, los mayores rendimientos se obtienen con siembras tempranas de GM IV, mientras que para los GVI, los mayores rendimientos se obtienen con siembras medias o tardías. Pero este comportamiento es muy diferente en un año Niña donde independientemente del grupo de madurez, los mayores rendimientos se obtienen con siembras de noviembre y diciembre a consecuencia de la ubicación del período crítico en fechas de menor demanda atmosférica.

En el cultivo de trigo, la mejor estrategia de manejo, no varía según la predicción ENOS, los mayores rendimientos se obtienen con fechas de siembra tempranas dado que el período crítico del cultivo, coincide con el mayor coeficiente fototermal. De todas maneras el riesgo de fusariosis de espiga es modificado de acuerdo al pronóstico ENOS y la fecha de floración (siembra). Si bien las siembras tardías tienen menores rendimientos, en años Niño coinciden con el período de floración en fines de octubre noviembre, momento en el que para este tipo de años se incrementa el riego de fusariosis de espiga.

El uso de ***cultivares*** de distinto largo de ciclo puede ser una estrategia para disminuir los riesgos de ocurrencia de condiciones desfavorables durante el período crítico. En el caso de tener una rotación rígida y muy trabada (muchos dobles cultivos en la secuencia) en la que no es posible tener variaciones en la fecha de siembra, el uso del cultivar más adecuado a la situación puede permitir una mejor ubicación del período crítico. A su vez es posible diversificar el riesgo utilizando cultivares de distinto largo de ciclo a una misma fecha de siembra. Pero en el caso del cultivo de maíz, la variación entre cultivares es baja, por lo tanto la diversificación es casi nula y por el contrario existen mayores posibilidades de diversificación en el caso de soja.

Si bien el ***nitrógeno*** fue manejado como no limitante en la mayoría de las situaciones, la estrategia de variar la fertilización fue evaluada para el caso del maíz, cultivo en el que se considera que puede ser relevante y variable de acuerdo al tipo de año, encontrándose que el agregado de dosis fijas de 70 kg/ha de N (promedio del agregado de productores) puede ser limitante en años lluviosos donde la probabilidad de obtener mejores rendimientos es mayor. Por lo tanto, en años Niño, la fertilización nitrogenada debe ser mayor respecto a la cantidad agregada en años promedio y por tanto es importante la utilización de los modelos de fertilización existentes incorporándose la expectativa de rendimiento.

Además de estas estrategias de manejo evaluadas, es posible reducir el riesgo ante la variabilidad climática mediante otras estrategias de manejo que permiten reducir el riesgo:

- Diversificación de cultivos
- Diversificación geográfica
- Uso de seguros climáticos
- Uso de ventas a futuro y/o seguros de precios
- Riego
- Acceso a la información

La diversificación de cultivos puede ser una estrategia a tomar para mejorar la gestión del riesgo, al distribuir en distintos momentos los periodos críticos de los cultivos. Por otro lado cada cultivo posee distintas formas de tolerancia a las distintas adversidades climáticas. Se entiende que esta estrategia podría ser implementada por productores de amplia escala.

Otra estrategia es la ***diversificación geográfica***, está disminuye las pérdidas por riesgo climático ya que la probabilidad de que se den condiciones adversas en varias localidades es menor a la probabilidad de que se den en una única chacra este es un manejo que se da principalmente en aquellos productores con mayor capacidad financiera.

En una situación donde el acceso a ***sistemas de riego*** es posible, la limitante del recurso agua no existiría (a no ser en casos extremos), lo que permitiría además de asegurar los rendimientos, que éstos a su vez sean mayores. Por otro lado, no en todos los casos es posible acceder al riego en el total del predio o área a sembrar.

Los ***seguros agropecuarios*** son una forma de manejo del riesgo que, frente a eventos climáticos adversos, permiten compensar los costos de producción; disminuyen así la posibilidad de sufrir pérdidas del total invertido en dicha producción. Si bien los seguros generan un costo, no son inaccesibles para aquellos productores con menor capacidad financiera, lo que estaría jugando un rol muy importante, sería el acceso a la información que presenten los mismos.

En cuanto al ***uso de mercados de futuro y/o seguros de precios*** estos permiten asegurar un precio con anticipación y por tanto se conoce con que rendimiento mínimo se logra el punto de equilibrio pudiendo decidir entonces si sembrar o no sembrar, porque se conoce el precio previo a la siembra. Con buenos precios, se podría arriesgar más y por lo tanto sembrar mayor cantidad de hectáreas del cultivo en cuestión, mientras que si el precio es muy ajustado, no aumenta dicho riesgo.

El ***acceso a la información*** es un factor fundamental para poder aplicar cualquier estrategia tanto de disminución de la sensibilidad como de aumento de la capacidad adaptativa del sistema. Así por ejemplo un pronóstico climático certero respecto a las condiciones que se van a dar en los meses en los que se encuentra creciendo el cultivo es fundamental para poder seleccionar la correcta fecha de siembra de manera de ubicar el período crítico de crecimiento en las mejores condiciones, pero para lograr esto es también necesario conocer con precisión la ecofisiología del cultivo y los largos de ciclo de los diferentes cultivares.

3.5. Arroz

MENSAJES CLAVE

- En el cultivo de arroz se observaron diferencias en rendimientos en función de la zona de producción. La zona norte obtiene rendimientos superiores debido a mejores condiciones del ambiente para el desarrollo del cultivo, como son: mayores temperaturas y radiación.
- En los años con precipitaciones por debajo de lo normal (Niña) se constataron mayores rendimientos. Estos hechos se debieron no solo a las mejores condiciones de temperatura y radiación durante el verano, sino que también fueron claves las variables de manejo (como la fecha de siembra y el riego que se realizó tempranamente).
- En los años con primaveras lluviosas se atrasa la fecha de siembra, incrementándose el riesgo de esterilidad por frío a fin de verano. Este hecho causa disminución e inestabilidad en el rendimiento y afecta a su vez la calidad molinera del arroz.
- Los productores más sensibles y con menor capacidad adaptativa son aquellos de menor escala que no son propietarios de la tierra y/o del agua, debido a que sus sistemas de producción son menos flexibles ante eventos climáticos que no permitan lograr siembras en fecha, lo que condiciona el rendimiento final.
- La adaptación al cambio climático deberá considerar sistemas de producción que sean flexibles desde el punto de vista de la rotación y los sistemas de siembra y laboreos utilizados.

3.5.1. Situación actual y evolución reciente

Actualmente el arroz es el segundo cultivo, después de la soja, en área y ocupa el quinto lugar como fuente de divisas. Se generan alrededor de 10 mil puestos de trabajos directos e indirectos e ingresos de 350 millones de dólares anuales. Uruguay es el sexto país exportador de arroz a nivel mundial y el principal de América Latina. Más del 90% de la producción de arroz del país es destinada a la exportación y es Brasil el principal destino.

En el país se identifican tres regiones productoras de arroz: este, norte y centro. Las tres regiones se diferencian en: topografía, tipo de suelo, tipos de fuentes de agua, temperaturas máximas y mínimas y horas de sol durante la estación de crecimiento. Esta diferenciación regional se expresa a su vez en aspectos tecnológicos, biológicos y en dinámicas de crecimiento diferentes.

El ciclo del cultivo de arroz se extiende desde octubre a abril, con temperaturas mínimas y máximas que oscilan entre 13,9 y 26,2 °C, respectivamente. El mismo es parte de un sistema de rotación arroz-pastura, el cual es necesario para recuperar la estructura de los suelos y reducir la población de malezas. A pesar de que existen diferencias entre los sistemas de rotación, un sistema típico de rotación incluye dos años de arroz y tres a cuatro años de pasturas.

Durante los últimos 40 años, la adopción de variedades de alto rendimiento y la mejora de las prácticas de manejo del suelo (labranza anticipada, nivelación de tierras y reducción de la labranza) contribuyeron a asegurar un porcentaje alto de la siembra en fecha óptima,

un control de malezas y riego temprano, un ajuste en la fertilización y el control de enfermedades. Todos estos cambios se han visto reflejados en un aumento importante de los rendimientos de 90 kg/ha/año, desde 1970 hasta esta parte (Blanco, et al. 2010).

En este rubro las amenazas climáticas identificadas fueron: las precipitaciones mayores al promedio, en octubre y noviembre; y niveles de radiación y temperaturas mínimas menores al promedio en la etapa sensible del cultivo que se ubica, en los meses de enero y febrero, durante la etapa de floración y llenado de grano.

El arroz en Uruguay a pesar de ser un cultivo de bajo riego es afectado por las fases del ENOS (Niño-Niña). Las zafras de alta producción están asociadas con niveles de precipitación menores a los normales durante los meses de octubre, noviembre y diciembre; y niveles de radiación mayores a los normales en los meses de diciembre, enero y febrero. Esta conjunción de factores es más frecuente durante la fase Niña del ENOS (Roel, 2004).

Temperaturas bajas en las épocas de siembra provocan una pobre implantación y demoras en el desarrollo. Durante el período vegetativo el cultivo se presenta amarillamiento, con reducción del macollaje y pobre desarrollo. La temperatura media es la variable climática de mayor efecto sobre el rendimiento, es determinante desde los 30 días previos a floración hasta los 30 días posteriores a ésta. Temperaturas bajas durante este período inciden en aumentar el porcentaje de esterilidad del cultivo, con diferente efecto según el cultivar. En Uruguay, en enero son 10 los días con temperaturas menores a 15°C y en febrero representan 9,5.

Los cultivares de alto potencial (EP144 e INIA Tacuarí) difieren en la estabilidad del rendimiento frente a variaciones microambientes, debido a diferencias en la duración del área foliar, la dependencia del mantenimiento del área foliar, mecanismos de compensación e interacción con el ambiente. Sumado al cultivar, la época de siembra determina las condiciones ambientales a las que serán sometidas las diferentes etapas del cultivo. Es conveniente que la etapa reproductiva del cultivo coincida con el período de máxima radiación solar y mayores temperaturas, especialmente menores probabilidades de temperaturas bajas en etapas reproductivas que causen esterilidad en la panoja (Gamarra, 1996). Las primaveras lluviosas atrasan la fecha de siembra, incrementando el riesgo de esterilidad por frío a fin de verano. Este hecho causa una disminución e inestabilidad en el rendimiento. Es por esto, que el aumento en la frecuencia de años Niño, podrían afectar de manera negativa a los rendimientos por atrasos en las fechas de siembras debido al aumento en las frecuencias de las lluvias en los meses de setiembre, octubre y noviembre.

Por otro lado, se debe tener en cuenta el efecto del cambio climático en la calidad molinera del arroz. Las condiciones ambientales (horas de sol y temperaturas bajas) durante el llenado de grano afectan en mayor medida dos parámetros de calidad que son el porcentaje de granos yesosos y el porcentaje de granos enteros. Días con menos de seis horas de sol durante los meses de febrero y marzo aumentan el porcentaje de yesado del grano. A su vez temperaturas bajas durante el llenado de grano inducen una deposición deficiente del almidón y por lo tanto también aumentan el porcentaje de yesado.

Se concluye que los posibles cambios en tres factores climáticos relacionados afectarían al cultivo arrocero: eventos de lluvias mayores al promedio durante los meses de setiembre, octubre y noviembre, llevan a atrasos en las fechas de siembra del cultivo, en consecuencia el período de llenado de grano se lleva a cabo con temperaturas y niveles de radiación menores, lo que pone en riesgo no solo el rendimiento sino también la calidad molinera del arroz (aumento en el yesado y quebrado del grano).

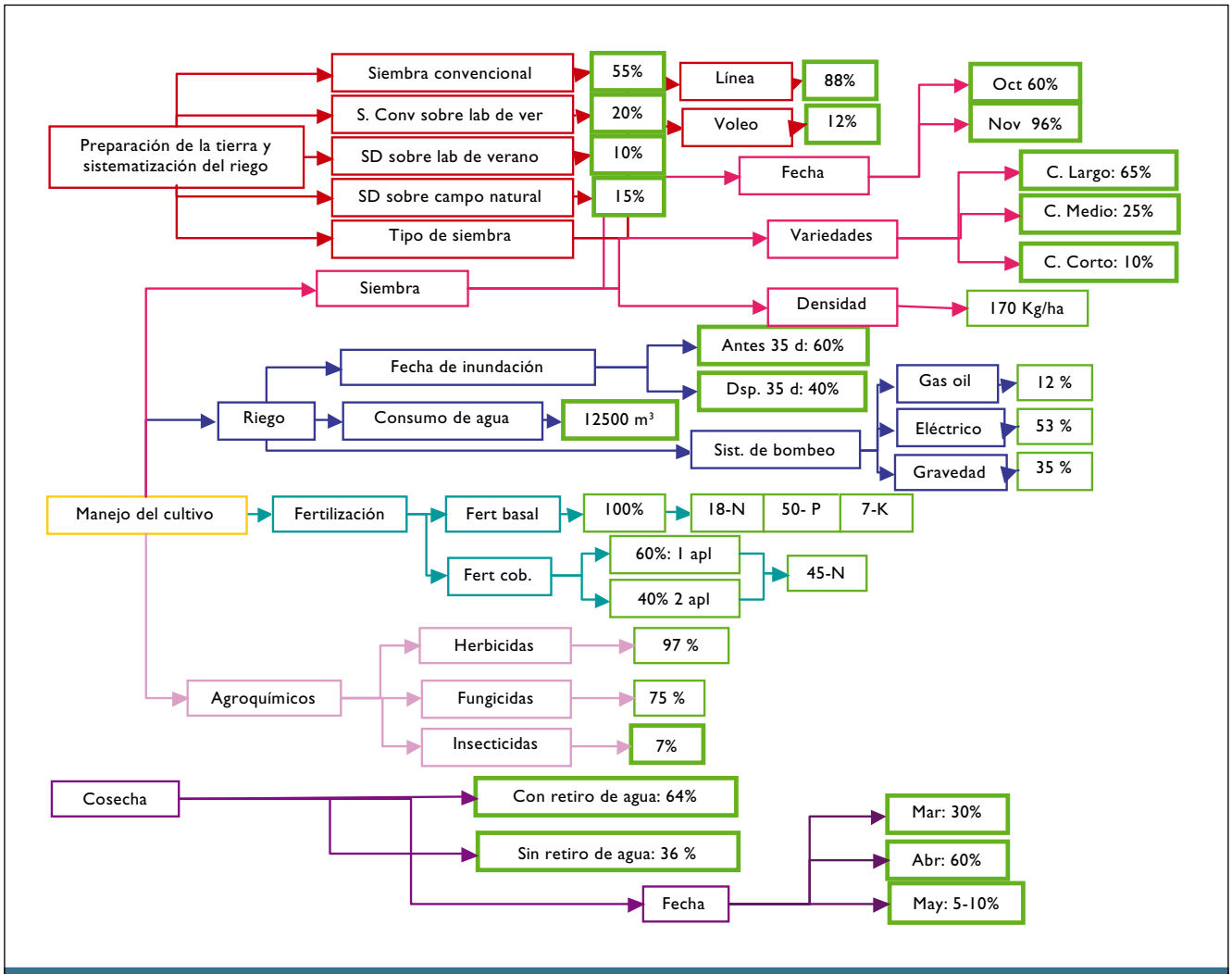


Figura 3.5.1. Resumen de datos de actividad de una chacra de arroz tipo. (Fuente: Taller Huella de Carbono, 2010)

Aumento de eventos con temperaturas menores a 15°C en los meses de enero y febrero disminuyen el rendimiento en grano y la calidad molinera del grano. Esta situación, sumada a disminuciones en las horas de luz producto de la nubosidad, perjudica aún más al cultivo. Por lo tanto, el aumento en la frecuencia de años Niño durante la etapa de crecimiento y desarrollo del arroz afectarían el rendimiento.

En el otro extremo, el aumento en la frecuencia de años Niña durante el otoño-invierno puede llevar a disminuciones en la superficie sembrada ya que el sistema productivo del país depende del agua de lluvia durante estas estaciones para el riego.

Por otro lado, desde el punto de vista del sistema productivo de un predio arrocero existen diferentes sistemas de rotaciones y de laboreo. Por lo expuesto anteriormente, la fecha de siembra es un factor de manejo clave para colocar al cultivo en las mejores condiciones climáticas (alta radiación y temperatura) para el llenado de grano. Un sistema productivo que permita la siembra en fecha podría ser menos susceptible a eventos climáticos extre-

mos como el aumento en la frecuencia de precipitaciones en primavera. Como solución a este problema, se sugiere eliminar el laboreo de primavera y sustituirlo por el laboreo de verano con siembra directa como una oportunidad de sembrar en fechas de siembras óptimas, reducir costos, controlar malezas y mitigar la degradación de los suelos (Jornada de arroz-zafra 2008-2009, INIA Treinta y Tres). Un sistema de rotación sugerido sería el que se plateó durante diez años en la UPAG-INIA Treinta y Tres. Si bien la información sugiere que la siembra directa del cultivo tiene mayores exigencias que la convencional -en cuanto a nitrógeno, humedad del suelo y manejo del glifosato y cobertura vegetal-, permitiría lograr siembras en fecha debido a la posibilidad de preparar el suelo con anticipación.

3.5.2 Metodología para el estudio de la sensibilidad a la variabilidad climática

Bases de datos utilizadas

Con el objetivo de realizar la caracterización climática de los años evaluados (2000-2011), se utilizó la caracterización de la fase ENOS (Niño, Niña o Neutro) y datos climáticos de las estaciones meteorológicas de INIA: Treinta y Tres (Paso de la Laguna), Tacuarembó y Salto Grande.

Para el estudio de casos en el arroz se utilizó una base de datos brindada por el molino SAMAN y la Asociación de Cultivadores de Arroz (ACA). La información brindada por SAMAN cuenta con: superficie, rendimiento, y factores de manejo (como fecha de siembra y de riego) de 80 productores durante 11 años (zafras desde 2000-2001 a 2010-2011). Esta base tiene la ventaja de presentar datos de productores de todo el país abarcando así las tres zonas de producción identificadas anteriormente. A su vez los productores presentan diferentes características en cuanto a la superficie explotada y los rendimientos obtenidos, lo que permite tener una base con variabilidad de rendimiento.

Se realizó análisis de ***box plot*** para caracterizar descriptivamente a la población en estudio. Por otra parte, mediante análisis estadístico de Tukey se buscó diferenciar los rendimientos obtenidos por los productores en función de la zona y la caracterización climática del año. A su vez se realizaron análisis mulitvariados para agrupar a los productores según los rendimientos obtenidos y luego identificar en función de éstos las variables de manejo que se diferenciaban. El objetivo de este último análisis fue explorar qué variables de manejo influían en el rendimiento y a partir de éstas, analizar si estaban afectadas por el clima.

Otra variable importante analizada, fue la influencia de la caracterización climática del año sobre la superficie sembrada. El objetivo de este análisis fue evaluar si la frecuencia de años niña tiene repercusiones negativas en el área sembrada de la zafra en cuestión.

Análisis de las variables climáticas relevantes

Para el cultivo de arroz, las variables climáticas analizadas fueron las precipitaciones y humedad relativa de los meses de octubre y noviembre, ya que éstas afectan las fechas de siembra y riego, y también las temperaturas ocurridas durante el verano, ya que éstas son importantes en el período de floración y llenado de grano.

Por otra parte se analizó la relación entre el rendimiento de los productores a nivel nacional y por zona en función de la caracterización climática según la fase ENOS.

Se analizó el impacto de las variables climáticas anteriormente mencionadas sobre factores de manejo como fecha de siembra y riego y su impacto sobre el rendimiento final. A su vez se analizó el efecto de los años caracterizados como Niña según la fase ENOS en la superficie sembrada a nivel nacional y también sobre el rendimiento final del cultivo.

3.5.3. Resultados

Caracterización de la variabilidad climática relevante

Para caracterizar la variabilidad climática de las variables que se consideraron relevantes para el cultivo de arroz se utilizaron datos climáticos de las estaciones experimentales de INIA para las tres zonas del país donde se realiza el cultivo (Figura 3.5.2).

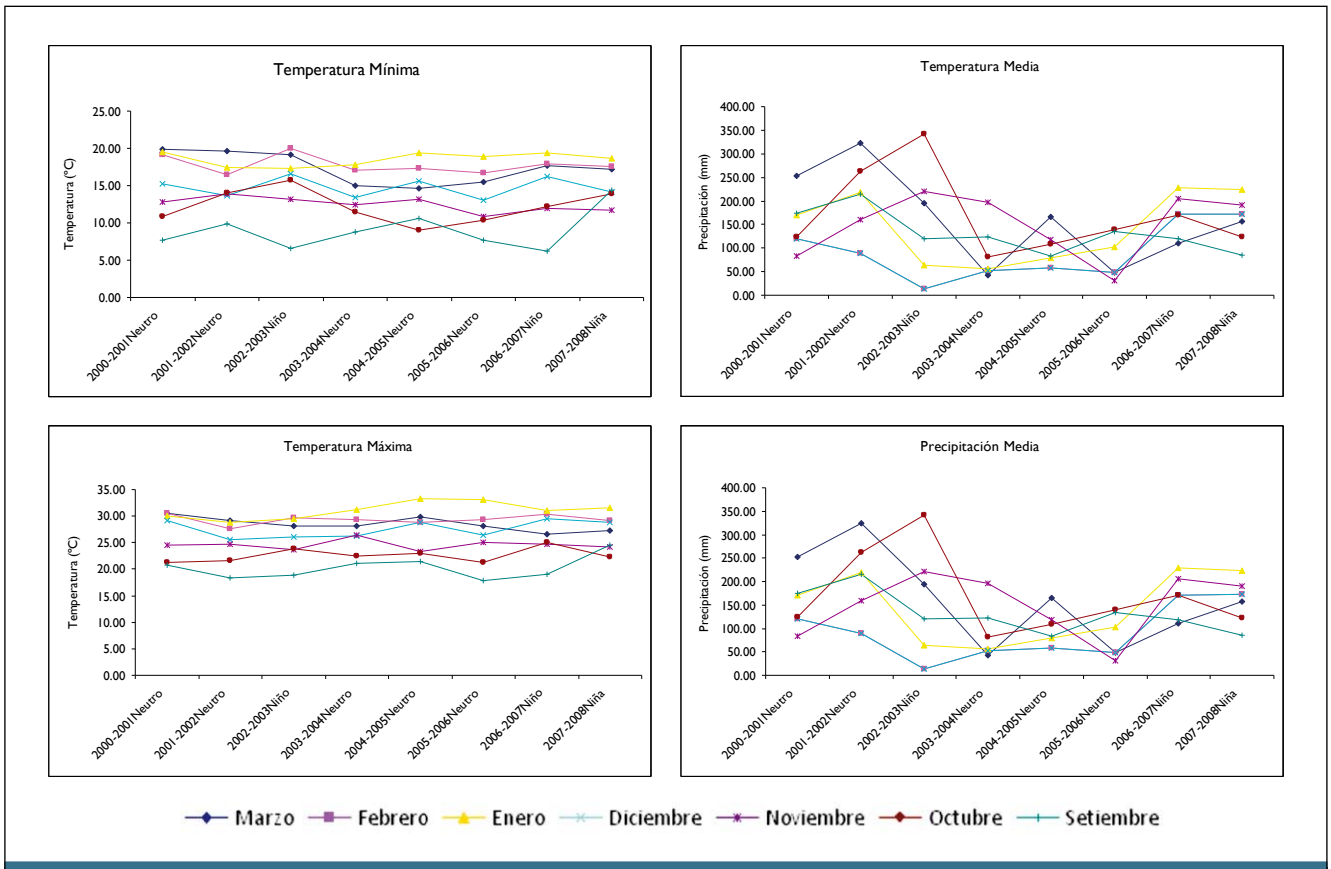


Figura 3.5.2. Datos climáticos de las estaciones experimentales de INIA

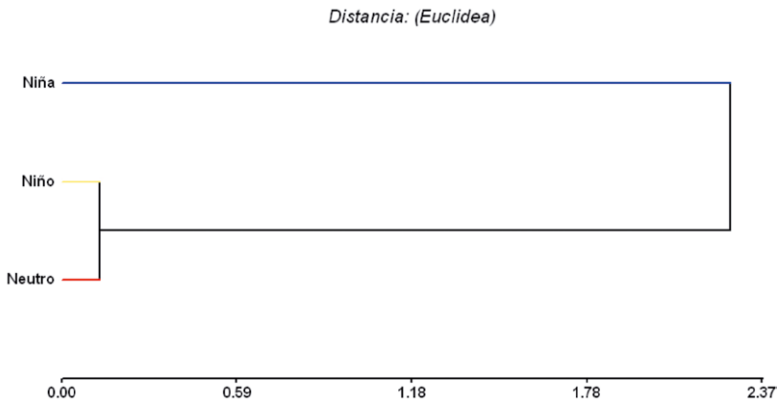
A su vez se utilizaron las caracterizaciones de los años según la Fase ENOS. Los años caracterización fueron desde la zafra 2000-2001 a la zafra 2011-2012 (Tabla 3.5.1). Estos datos fueron utilizados para evaluar el impacto de los años en el rendimiento.

Tabla 3.5.1. Clasificación de años según ENOS

Año	Caracterización ENOS
2000-2001	Neutro
2001-2002	Neutro
2002-2003	Niño
2003-2004	Neutro
2004-2005	Neutro
2005-2006	Neutro
2006-2007	Niño
2007-2008	Niña
2008-2009	Neutro
2009-2010	Niño
2010-2011	Niña
2011-2012	Neutro

Para evaluar el impacto del clima sobre el rendimiento, se realizó un análisis de conglomerados que se observa en la Figura 3.5.3. En éste se identificaron tres grupos diferentes de rendimiento que se relacionaban con la caracterización ENOS, este resultado coincide con el antecedente de Roel (2004) donde se establecían diferencias en el rendimiento en función de la característica climática del año.

La caracterización de los conglomerados mostró que los máximos rendimientos se dan en los años Niña y los mínimos en los años Niño. Además se describieron con componentes principales las características climáticas de los meses del verano de los años según ENOS (Figura 3.5.4).



Fase ENOS	Media ± Desvío
Neutro	145± 27
Niña	171± 21
Niño	141± 31

Figura 3.5.3. Análisis de conglomerados

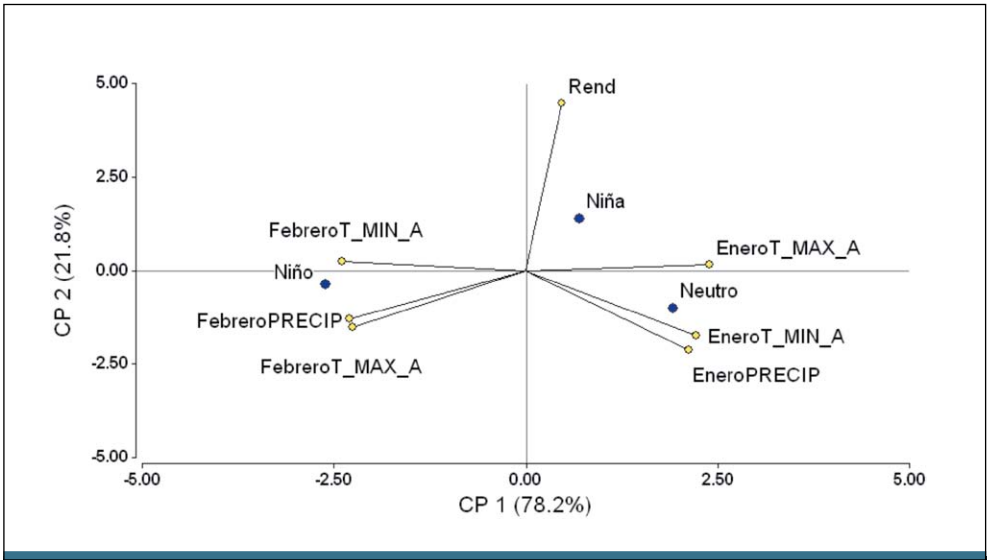


Figura 3.5.4. Análisis de componentes principales para las variables climáticas de los meses de verano (vectores) y los grupos de años según ENOS (puntos). El componente principal 1 (CP1, eje horizontal) se asocia al gradiente de temperaturas y precipitación. El componente principal 2 (CP2, eje vertical) se asocia a rendimiento y precipitación.

Se observa que hacia los años Niña crecen los rendimientos y las temperaturas máximas y mínimas de enero. Por su parte hacia los años Niño crecen las precipitaciones y temperaturas de febrero (Figura 3.5.4). Además de evaluar las variables climáticas a nivel nacional, se las caracterizaron en función de las zonas de producción (Figura 3.5.5). Se encontraron diferencias significativas en temperaturas máximas, mínimas y en heliofanía entre el norte y el este, con ventajas en el primero.

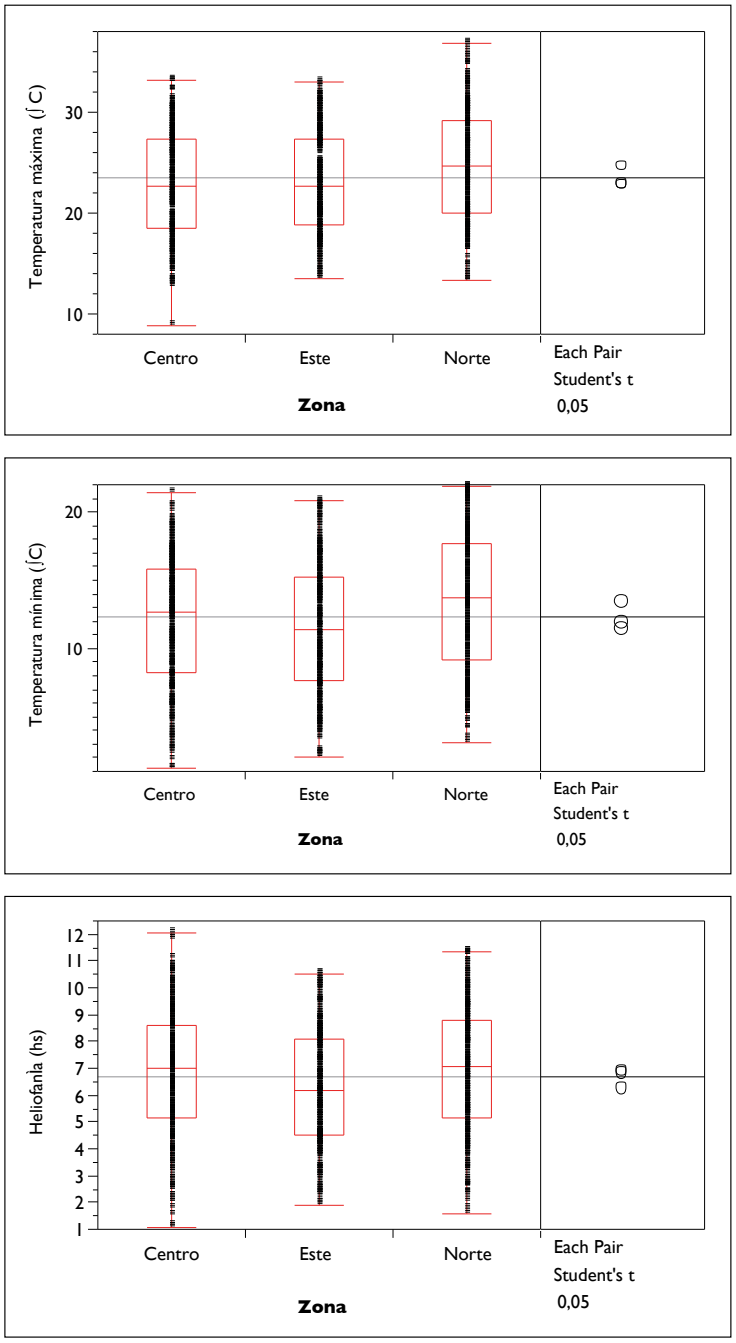


Figura 3.5.5. Caracterizaron en función de las zonas de producción

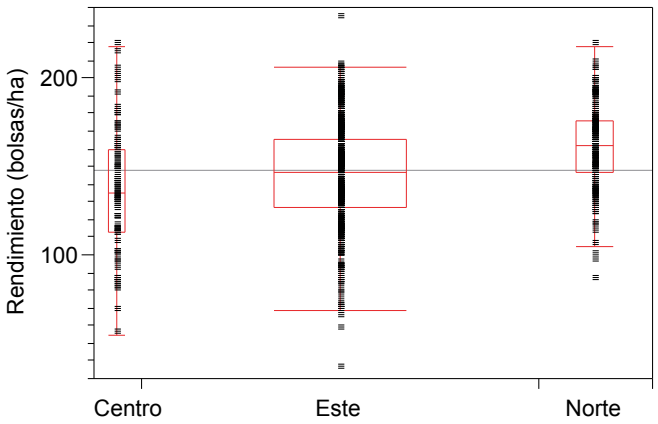
Resultados de los análisis

Como se mencionó, de las tres zonas arroceras del país; la zona norte presenta ventajas climáticas (menor probabilidad de ocurrencia de temperaturas mínimas durante enero y febrero y mayor radiación) que se expresan en un mayor potencial de rendimiento de arroz. Con la base de datos de SAMAN se agruparon los productores en función de la zona y se analizó si existían diferencias en los rendimientos obtenidos para el período de tiempo en estudio (Figura 3.5.6).

Se encontraron diferencias significativas entre las zonas norte y este, de 15 bolsas/ha para el promedio de 11 años de producción. A su vez, cabe destacar que los productores de la zona norte poseen un coeficiente de variación menor formando una población más homogénea.

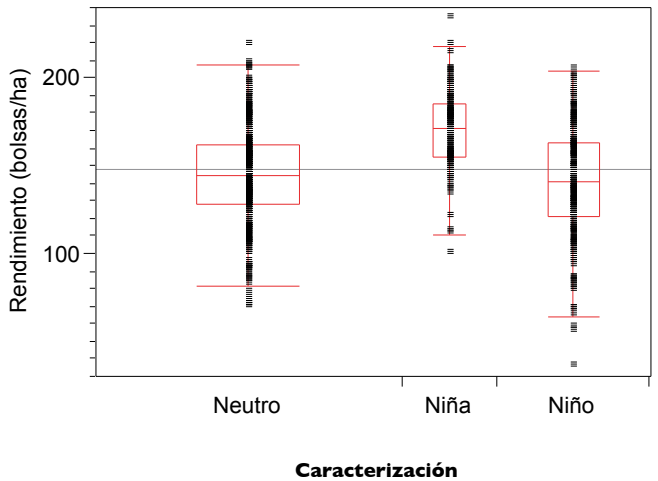
Como ya fue mencionado, además de la zona otro factor que afecta el rendimiento del cultivo es la caracterización climática del año (Figura 3.5.7). Según Roel, (2004) los años caracterizados como niño tienen una mayor frecuencia de rendimientos malos producto de una menor radiación o menor temperatura o la combinación de ambas. Los análisis realizados para la base de datos de SAMAN también manifiestan estas diferencias significativas. En los años identificados como Niña para nuestro período de estudio (2007-2008 y 2010-2011), el promedio de rendimiento obtenido de todos los productores fue de 171 ± 21 bolsas/ha comparado con 141 ± 31 bolsas/ha para los años Niño. En los años neutro el promedio fue de 145 ± 27 bolsas/ha (Tabla 3.5.2).

Los 80 productores fueron agrupados en función del rendimiento que obtuvieron para los 11 años (Figura 3.5.8). Se obtuvieron tres cluster de productores: 1) formado por los productores que obtuvieron rendimientos por debajo del promedio de las 11 zafras; 2) que agrupa los productores con rendimientos promedios; y 3) que está formado por productores con rendimientos mayores que le promedio.



Fuente: Camila Bonilla en base a datos SAMAN

Figura 3.5.6. Rendimiento (bolsas/ha) en función de la zona arrocera

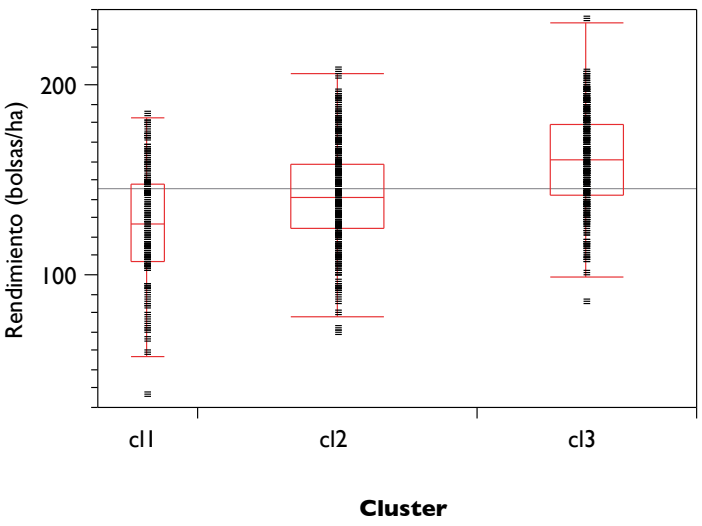


Fuente: Camila Bonilla en base a datos SAMAN

Figura 3.5.7. Rendimiento (bolsas/ha) en función de la caracterización climática ENOS

Tabla 3.5.2. Rendimiento (bolsas/ha) de las zonas de producción en función de la caracterización climática ENOS

Fase ENOS	Norte (Media ± Desvío)	Este (Media ± Desvío)	Centro (Media ± Desvío)
Neutro	163 ± 2	141 ± 1	135 ± 5
Niña	176 ± 4	171 ± 3	162 ± 9
Niño	147 ± 3	141 ± 2	124 ± 7



Fuente: Camila Bonilla en base a datos SAMAN

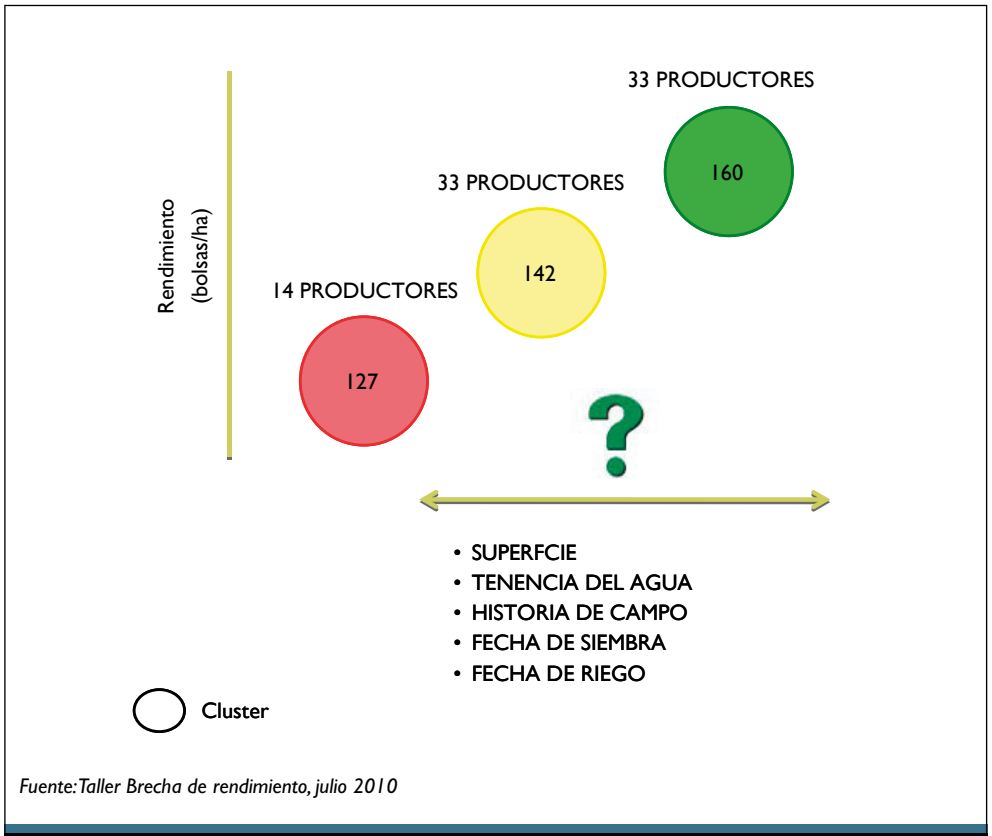
Figura 3.5.8. Rendimiento (bolsas/ha) de los clusters

El siguiente paso a la realización de los clusters fue generar árboles de decisión para encontrar qué variables de manejo y de características del sistema productivo estaban diferenciando a los cluster.

De todas las variables analizadas (cualitativas y cuantitativas) las que estaban influyendo en la separación de los grupos fueron: tenencia de la tierra y agua, superficie, historia de campo (rastrojo, retorno y campo natural), fecha de siembra (días julianos) y fecha de riego (Figura 3.5.9).

Debido a que las fechas de siembra y fechas de riego son las variables a las cuales puede estar afectando el clima, se analizó la fecha de siembra y riego de los productores según la caracterización climática del año.

Sin embargo, cabe destacar que las variables tenencia de la tierra y el agua están afectando indirectamente a las fechas de siembra y riego debido a que los productores que son propietarios de estos recursos tienen la ventaja de manejar los tiempos y tener una mayor flexibilidad frente a condiciones ambientales desfavorables. Por ejemplo, tienen la posibilidad de realizar laboreos de verano en las chacras y llegar a plantar en fecha óptimas de siembra.

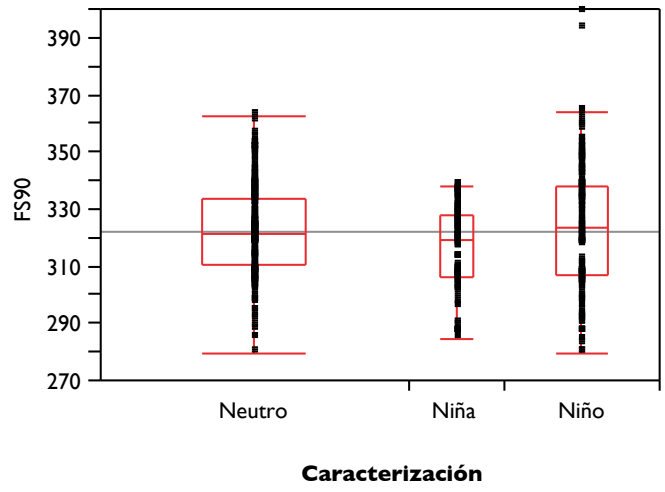


Fuente: Taller Brecha de rendimiento, julio 2010

Figura 3.5.9. Variables que podrían incidir en la separación de los cluster

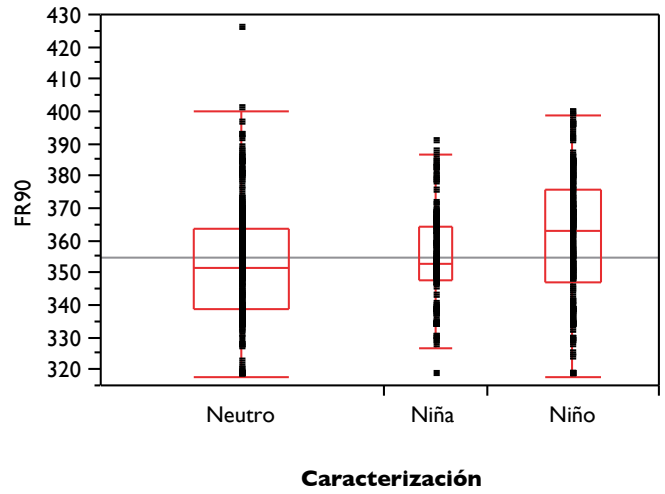
Para analizar el efecto del clima sobre la fecha de siembra (Figura 3.5.10) y riego (Figura 3.5.11), en primer lugar se calculó en qué día juliano cada productor había llegado a sembrar y regar el 90% de su superficie para cada año (FS90 y FR90 respectivamente). Luego los datos se agruparon en función de la caracterización climática ENOS y se realizó la comparación de medias.

Para los años Niña, las fechas de siembra fueron más tempranas que para los años Niño y Neutros. A su vez estas diferencias significativas se mantuvieron para las fechas de riego. O sea que en años Niña, los productores tienen sus chacras sembradas y regadas en fechas más tempranas que en los años Niño.



Fuente: Camila Bonilla en base a datos SAMAN

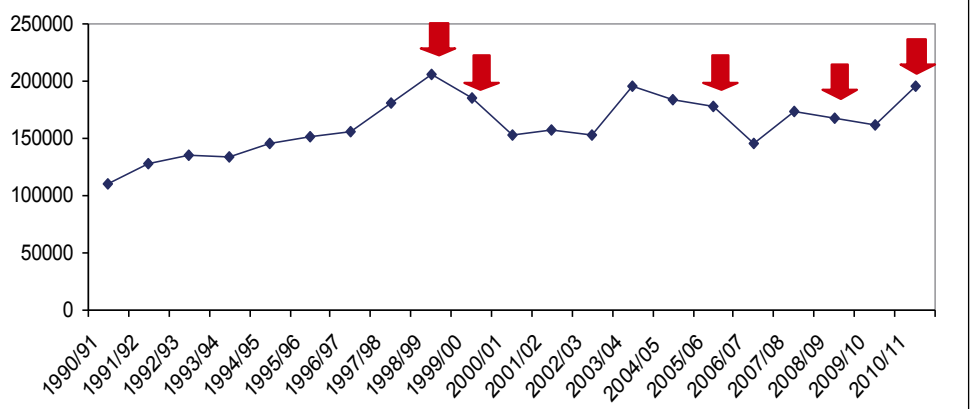
Figura 3.5.10. Fecha de siembra (90%) en días julianos en función de la caracterización climática ENOS



Fuente: Camila Bonilla en base a datos SAMAN

Figura 3.5.11. Fecha de riego (90%) en días julianos en función de la caracterización climática ENOS

Como fue mencionado anteriormente, en el país el agua para regar el cultivo depende de las lluvias que se presenten durante el año. Por lo tanto, la superficie sembrada en cada zafra depende entre otros factores del agua disponible para el riego. En la Figura 3.5.12 se observa el área sembrada desde el 1990 hasta el 2011 y con una flecha roja los años caracterizados como Niña para el período que va desde 1998 hasta 2011.



Las flechas rojas indican años Niña. | *Fuente: Camila Bonilla en base a* ACA

Figura 3.5.12. Superficie sembrada (ha) en función de los años

Se observa así, que en todo el período analizado, la superficie sembrada de arroz se redujo en los años siguientes a un año Niña.

3.5.4. Factores principales que determinan la sensibilidad

Frente a un año caracterizado como Niño según la fase ENOS, la sensibilidad del cultivo en cuanto a su desarrollo y rendimiento final va a depender de los diferentes factores internos al sistema productivo sobre los cuales se puede actuar y externos al predio sobre los que no se puede interferir. A su vez los factores internos interactúan entre sí e influyen unos sobre otros, por ejemplo el factor rotación puede influir en la fecha de siembra.

Como ya fue expuesto, la fecha de siembra antes del 15 de octubre es uno de los factores de manejo que más afecta al rendimiento en arroz. Años caracterizados como Niño que presentan lluvias mayores al promedio durante la primavera afectan la concreción de fechas de siembra tempranas. A su vez si durante el ciclo productivo se presenta menor radiación y aumentan las temperaturas mínimas durante el período reproductivo entonces los sistemas con fechas de siembra tardías son más sensibles.

El tipo de variedad sembrada difiere en la sensibilidad a la fecha de siembra: debido a su origen la variedad El Paso 144 (Índico) es más sensible que Tacuarí (Japónica) a las bajas temperaturas que puedan ocurrir en el período reproductivo, adicionalmente su ciclo es más largo, entonces las fechas de siembras tardías para la variedad El Paso 144, debidas a un escenario climático de fase Niño, hacen más sensibles a los sistemas que siembran esta variedad.

El sistema de laboreo afecta a la fecha de siembra, en este sentido los que realizan laboreo de verano y siembra directa tienen más oportunidades de lograr fechas de siembra óptimas que aquellos que realizan laboreo de otoño. De la misma forma, la tenencia de la tierra y el agua afectan a la posibilidad de lograr fechas de siembra óptimas. Estos factores se ven potenciados cuando el escenario climático es con lluvias por encima de la media en

primavera. Cabe mencionar que la ocurrencia de años Niña durante el otoño e invierno afecta negativamente sobre el total de la superficie sembrada por año.

Con la base de datos de productores se realizó un análisis de conglomerados en función del coeficiente de variación (CV) del rendimiento para los 11 años para cada productor para describir los factores de manejo y características del sistema. El grupo de mayor CV fue además el de menor rendimiento promedio para los años estudiados. Desde el punto de vista del sistema estos productores son de menor escala y el mayor porcentaje de la tierra y el agua son arrendados. Con respecto a las variables de manejo, el porcentaje de área con glifosato es menor con respecto al grupo tres y las fechas de siembra y riego son más tardías. Esto último tiene que ver con que los productores son arrendatarios y no depende solo de ellos el sembrar en fecha. Por eso este tipo de productor de menor escala y arrendatario es más sensible al clima debido a que su sistema de producción es menos flexible.

En el extremo opuesto, los productores con CV menor son de mayor escala y poseen en promedio mayor porcentaje de tierra y agua propia. Estas características permiten que logren fechas de siembra y riego más tempranas.

3.5.5. Factores principales que determinan la capacidad adaptativa y matrices de capacidad adaptativa

Como factores principales para lograr una capacidad adaptativa al cambio climático, surge como prioridad lograr sistemas de producción que sean flexibles desde el punto de vista de la rotación y los sistemas de siembra y laboreos utilizados. Esto permitiría fechas de siembra y riego óptimas sobre todo en productores que no son propietarios de la tierra y/o el agua. A su vez estas características de los sistemas permiten al productor poder adaptarse frente a diferentes escenarios climáticos y de precios y se podría construir así mayor resiliencia a nivel del sistema productivo.

Frente a un escenario de mayores precipitaciones y de años caracterizados como Niño los productores tendrán que adaptarse a un sistema de producción más flexible que permita preparaciones de la tierra en forma temprana para lograr fechas de siembras óptimas.

Identificación, descripción y priorización de opciones para reducir la sensibilidad, aumentar la capacidad adaptativa y construir resiliencia a nivel de sistemas de producción

Se identificaron posibles estrategias de manejo del sistema productivo para construir resiliencia a la variabilidad climática:

- Modificar los sistemas de siembra
- Flexibilidad en la rotación
- Diversificación de la variedad (largo del ciclo y adaptación a temperaturas mínimas)

La opción de modificar los sistemas de siembra pasando del laboreo convencional con laboreo de otoño-invierno a un sistema de siembra directa con laboreo de verano, aumenta la probabilidad de lograr fechas de siembra óptimas las cuales fueron marcadas como uno de los factores principales para lograr altos y estables rendimientos en el sistema. Esto sumado al uso del pronóstico ENOS para ajustar la fecha de siembra y lograr posicionar el

período crítico del cultivo en condiciones óptimas de radiación y temperatura, permitirían una mejor adaptabilidad al cambio climático.

Asociado a los sistemas de siembra, la flexibilidad en la rotación es una opción para construir resiliencia del sistema productivo. Por un lado se plantea la posibilidad de combinar al arroz con diversos cultivos como la producción de soja o sorgo en bajos. La diversificación es una estrategia que permite una menor dependencia a un único cultivo, debido a las diferentes tolerancias que presentan los mismos a las distintas situaciones ambientales y de mercado (precio de la bolsa de arroz y costos/ha). Esta es una opción que puede ser realizada sobre todo por aquellos productores que presenten una mayor escala y sean propietarios de la tierra. Asimismo, la disminución de la siembra de arroz sobre rastrojos de arroz y la vuelta al sistema de rotación que plantea períodos de descanso con pasturas de 3 a 4 años, es una medida para lograr estabilidad en los rendimientos y reducir los costos de producción asociados a un mayor uso de fungicidas (aumento de la presión de inoculo) y de herbicidas. Como último planteo asociado a la rotación y a la adaptabilidad a eventos climáticos extremos, se encuentra que la siembra de arroz en tierras marginales para la producción aporta un factor de riesgo alto para el sistema en su conjunto y disminuyen la resiliencia del sistema productivo. Esto tiene que ver con introducir al sistema, zonas de rendimiento inestable y en ocasiones de altos costos de producción. En años caracterizados como Niño surge el planteo de no sembrar en estas zonas.

El uso de variedades de distinto largo de ciclo y diversa sensibilidad a bajas temperaturas puede ser una estrategia para disminuir los riesgos de ocurrencia de condiciones desfavorables durante el período crítico. Además de diversificar el riesgo, esta estrategia permite por un lado descomprimir las fechas de siembra óptimas necesarias para lograr altos rendimientos y buena calidad molinera del grano, y por otro lado las fechas de cosecha también se ven beneficiadas.

Además de las estrategias de manejo evaluadas para el sistema de producción, es posible reducir el riesgo y construir resiliencia ante la variabilidad climática, mediante otras estrategias:

- El uso de seguros climáticos
- Mejora de contratos de arrendamiento de la tierra
- Acceso a la información

Los seguros agropecuarios son una forma de manejo del riesgo que, frente a eventos climáticos adversos, permiten compensar los costos de producción; disminuyen así la posibilidad de sufrir pérdidas del total invertido en dicha producción.

El planteo de mejorar los contratos de arrendamiento de la tierra tiene como objetivo tener las tierras en fecha para realizar los laboreos correspondientes y lograr fechas de siembra óptimas.

El acceso a la información es un factor fundamental para poder aplicar cualquier estrategia tanto de disminución de la sensibilidad como de aumento de la capacidad adaptativa del sistema. Así por ejemplo un pronóstico climático certero respecto a las condiciones que se van a dar en los meses en los que se encuentra creciendo el cultivo es fundamental para poder tomar las decisiones de manejo más convenientes para todo el sistema de producción.

3.6. Fruticultura

MENSAJES CLAVE

- Si bien el análisis de la información existente sobre la producción frutícola en las últimas dos décadas no es suficiente para poder realizar afirmaciones sobre los efectos de la variabilidad climática, no significa que éstos no existan.
- El clima siempre ha sido limitante en la producción de frutales de hoja caduca: por la necesidad de cumplimiento del receso invernal, que no es adecuado en la mayoría del país; las precipitaciones excesivas en cantidad y frecuencia durante la primavera, que producen una alta incidencia de enfermedades a hongo; el granizo, asociado a fuertes vientos; y la sequía hidrológica, que afecta la reposición de las fuentes de agua.
- El productor frutícola tiene una alta predisposición a ser proactivo en la adaptación a la variabilidad climática para proteger su inversión, ya que los montes frutales tienen una larga vida útil. Sin embargo existen diferencias en la capacidad de adaptación y los productores de poca área frutícola son los más vulnerables.
- A corto plazo, frente al consenso de que las precipitaciones pueden aumentar, se debe recomendar una gran precaución al momento de planificar nuevos montes frutícolas, en cuanto a: la elección del sitio a plantar, el tipo de suelo y la construcción de drenajes naturales.
- Para determinar de modo ajustado las variables sobre las cuales avanzar, se debe contar con información más específica de la respuesta de variedades y portainjertos al efecto año. Se recomienda armonizar la información existente y dispersa, a nivel oficial, y tender a establecer observatorios frutícolas.

3.6.1. Situación actual y evolución reciente

En Uruguay la producción de frutales de hoja caduca o de clima templado ocupa una superficie de 7500 hectáreas, según la última Encuesta Frutícola realizada por DIEA en 2009. Su aporte al valor bruto de producción (VBP) agrícola es del 2,4%, y se define como una producción intensiva por el elevado uso de los factores de producción: tierra, capital, mano de obra e información.

La producción de frutales de hoja caduca se caracteriza por la especialización de los productores, la concentración productiva en el sur del país y por estar orientada al mercado interno (Panario et. al., 2000). Se trata un sector con reducida diversificación, ya que el 90% de la producción consiste en tres productos: manzanas, duraznos y peras. Si se analiza el tipo de trabajo para el año 2004, se observa que de 3005 trabajadores permanentes, 271 fueron zafrales. De los permanentes tenemos: patrones 34%, capataces, 6%, peones 32% y trabajo familiar no remunerado 29%. (DIEA, 2004). El número de pequeños y medianos productores ha tenido una tendencia decreciente en los últimos años, debido a la baja adopción de tecnología o a su incorporación parcial (Fuster et. al., 2011).

La producción de frutales de hojas caducas, se concentra en la zona sur del país, en los departamentos de: Canelones, Montevideo, Colonia y San José. En Canelones y Montevideo se concentra el 85% de la producción total. Esta ubicación responde, por un lado, a la cercanía al gran mercado consumidor que representa la ciudad de Montevideo, y por otro,

a las características climáticas de estas especies que presentan un elevado requerimiento de frío invernal. En los últimos años ha existido un leve desplazamiento de la producción frutícola hacia San José, donde se encuentran suelos de mayor aptitud y abundancia de agua subterránea para el riego.

Dentro de estos frutales, el manzano es la principal especie, con alrededor de 3500 ha cultivadas. La oferta de manzana continúa a lo largo de todo el año gracias a la conservación frigorífica prolongada dada por la capacidad intrínseca de la fruta a ser conservada, a diferencia de lo que ocurre con el durazno.

El segundo frutal en importancia es el duraznero. En general esta especie se concentra en productores de pequeña escala frutícola y con baja infraestructura, debido a que los costos de producción anuales son menores y el manejo de los montes y su sanidad es más fácil.

En los últimos quince años viene ocurriendo una reducción en el número de productores frutícolas, sobre todo en la franja de los que poseen el menor número de plantas, y en particular la producción de durazneros. Por otra parte, existe un crecimiento de productores con mayor número de plantas, posiblemente debido a la necesidad de una escala de producción que permita la sustentabilidad económica del predio.

No se han detectado mayores variaciones en el período 1990-2000 sobre la forma de tenencia de la tierra. Este aspecto es tradicional y característico de las producciones intensivas a largo plazo, se trata de más de un 80% de superficie en propiedad del usuario, seguido por un 11% de diferentes formas de arrendamiento (suele tratarse de cesiones de predios dentro de las familias).

El duraznero es el frutal de hoja caduca menos longevo de los que se cultivan en Uruguay. Los montes pierden su vigor y capacidad productiva en, aproximadamente, quince años de vida. La poca longevidad explica las altas tasas de renuevo que es encuentran al analizar el ciclo de evolución de la especie a lo largo de los años.

En manzano, se observa una leve retracción en superficie pero un aumento en el número de plantas. Ello se debe a que durante el período analizado ocurrió una gran adopción de tecnología que involucra al aumento de números de plantas por unidad de superficie, gracias al uso de portainjertos de menor vigor, o al uso de variedades de tipo ***spur*** (de bajo porte). El cambio tecnológico puede atribuirse al impulso del Programa de Reconversión de la Granja (PREDEG) que estimuló el arranquío de montes de baja o mala producción y la plantación de montes de mayor densidad, con variedades identificadas como "aptas", con el uso de sistemas apoyados (con postes y alambres).

La oferta de manzana tradicionalmente estuvo compuesta en un alto porcentaje por las variedades pertenecientes a la familia de las Red Delicious, por ser este tipo de manzana el más valorado por el mercado interno y porque se adapta a la estrategia comercial de regular la oferta a lo largo del año. A partir de mediados de la década de los noventa, comienzan a cultivarse variedades "nuevas" con objetivo de exportación como las del grupo Royal Gala y Fuji, con lenta y difícil aceptación en el mercado interno.

El manzano es una especie de alternancia productiva, en la cual la sobrecarga de fruta lleva a una restricción hormonal en el momento de la inducción de las yemas a flor para la temporada siguiente. Esto determina que se deban aplicar medidas de raleo importantes para reducir este efecto, a pesar de lo cual, y sumado a razones climáticas, no se tiene un

volumen de producción estable a lo largo de los años, lo que a nivel comercial repercute en el precio de la manzana y por lo tanto, en la rentabilidad del cultivo.

Para el duraznero, entre 1996 y 2002, es clara la influencia del Programa de Reconversión de la Granja (PREDEG), ya que las plantaciones realizadas con subsidio económico deben cumplir una serie de normas técnicas para ser aprobadas (inspecciones post-plantación): uso de plantas certificadas y con variedades autorizadas, mayor densidad de plantas por hectárea, uso de riego, uso de cortinas rompevientos, obligación de llevar cuaderno de campo, uso de fitosanitarios permitidos y respeto por los tiempos de espera en las aplicaciones, capacitación del personal aplicador, etc. En igual período comienza la Agencia Alemana de Cooperación Técnica (GTZ, por su sigla en alemán) a impulsar la producción integrada, creándose la Asociación de Fruticultores en Producción Integrada (AFRUPI). El efecto entonces es una tecnificación del cultivo para los productores que ingresan sus proyectos de reconversión al PREDEG, pero que también influye en el resto de los productores.

El durazno es una especie cuya fruta es muy perecedera, y la conservación frigorífica limitada -no supera los 15 días-, lo que condiciona la oferta, ya que el durazno se comercializa fresco, y tiene poca sobrevida una vez ingresado al circuito comercial. Esta característica limita las distancias a las que el producto puede ser exportado, siendo en el mundo una especie de comercio de tipo regional y no interoceánico. La ventaja de una oferta obtenida a través de más de una variedad, es que se puede minimizar el riesgo productivo por eventos climáticos puntuales, tales como granizo o helada tardía, ya que no todas las variedades se verán afectadas por igual.

Caracterización y evaluación de las amenazas climáticas y percepción ambiental del tiempo-clima en los frutales de hoja caduca

Sensibilidad al clima:

- Insuficiente frío invernal: tienen consecuencias productivas como mala brotación, flores imperfectas, poco cuajado, entre otras. En el mercado existen productos compensadores de frío y el INIA en su página de clima informa sobre la ocurrencia y sumatoria de frío efectivo a nivel decádico.

- Alta humedad atmosférica y períodos lluviosos durante la floración: comprometen la polinización, por empastar el polen y retrasar el vuelo de abejas polinizadoras.

- Frecuencia de lluvias desde la brotación, principios de octubre hasta fines de diciembre: este es un período crítico para el manzano, ya que el hongo ***Venturia inequalis***, (sarna del manzano) ataca flores, pequeños frutos y hojas. Para evitar este daño, que puede llevar a pérdidas totales, este sector posee un fuerte equipamiento en tractores y máquinas atomizadoras, ya que es necesario proteger la totalidad de los montes antes o después de una lluvia o ingresar a éstos una vez terminada la lluvia según estrategia tomada por el productor y según sus plazos para realizar el total de la cobertura.

En algunos años se han reportado hasta 18 aplicaciones fitosanitarias para el control de sarna. Este es uno de los aspectos que más comprometen la rentabilidad del cultivo, si se lo compara por ejemplo con Argentina y Chile, donde no llueve durante este período.

- **Granizo:** afecta mayormente según el tamaño de fruto.
- **Déficit hídrico:** la fruticultura nacional presenta elevados porcentajes de superficie bajo riego, sobre todo en los montes más tecnificados, de alta densidad de plantas. La sensibilidad al déficit hídrico se manifiesta en aquellos años de sequía hidrológica, cuando se ven comprometidas las fuentes de agua.
- **Quemado de sol:** es cada vez más frecuente observar daño por quemado de sol, sobre todo en algunas variedades nuevas y con sistemas de conducción de alta densidad donde la fruta queda más expuesta.

Se realizó a algunos productores y técnicos del sector frutícola la pregunta sobre la percepción que tenían del tiempo/clima, sin ninguna pretensión de encuesta o entrevista. La respuesta fue unánime: no notan cambios sustanciales, tales como aumento de temperatura o mayores o menores lluvias, pero sienten que los eventos climáticos extremos son cada vez más variables en su ocurrencia y los sienten más intensos, y sortearlos afecta la ecuación económica del rubro.

Para los agroecosistemas frutícolas surgen las siguientes preguntas: ¿La variabilidad observada y las tendencias climáticas afectan la producción más que los factores estructurales socio-económicos o de manejo?

¿Qué regiones y tipos de productores son los más sensibles a la variabilidad y cambio climático? ¿Qué frutas hay que priorizar en estudios de adaptación?

3.6.2. Metodología para el estudio de la sensibilidad a la variabilidad climática

Bases de datos utilizadas

Dentro de los rubros que integran esta producción, se han elegido dos por su importancia: manzano y duraznero.

Los Censos Generales Agropecuarios (CGA) son una fuente de información insustituible, sobre todo para la caracterización socio-económica de los rubros, y el nivel de infraestructura y aspectos tecnológicos. Otra fuente de información valiosa la constituye la Encuesta Frutícola, que realiza DIEA de manera regular desde 1997, aunque metodológicamente debe considerarse una aproximación estimada a la realidad, a diferencia de los datos censales. Se han utilizado otras fuentes secundarias de información: publicaciones puntuales de la Junta Nacional de la Granja (JUNAGRA) actual Dirección General de la Granja (DIGEGRA), informes del PREDEG, etc. También se obtuvo información sobre producción y rendimiento de manzana y durazno de productores del grupo CREA frutícola, datos que se manejaron con la reserva del caso.

La variable que más fácilmente se obtiene es el rendimiento en kilogramos, sea por planta como por unidad de superficie. Entre 1995 y 2005 la fruticultura nacional incorporó cambios tecnológicos importantes que llevaron a una mayor densidad en la cantidad de plantas por hectárea. Esto afecta la variable rendimiento a nivel de producción por planta, ya que las plantas actuales son más pequeñas, de menor porte, para mejorar su manejo, por lo tanto el potencial productivo es menor. Sin embargo, la producción por unidad de superficie no se ha visto afectada, o puede ser incluso mayor, por la mayor cantidad de plantas. La combinación variedad-portainjerto es clave para determinar el potencial productivo,

sobre todo en manzano. Diferentes situaciones de variedad-portainjerto pueden llegar a enmascarar la sensibilidad a la variabilidad climática, porque se adaptan mejor a situaciones climáticas cambiantes.

Por otra parte, no se cuenta con investigación nacional respecto a daño del sol y el análisis de su ocurrencia, el impacto del clima sobre la maduración de la fruta (mejor o peor conservación frigorífica, calidad, etc.). Las cuantificaciones de daño por ataque de enfermedades a hongos tales como la sarna (***Venturia inequalis***) sólo se citan en años realmente problemáticos.

3.6.3. Análisis de las variables climáticas relevantes y su impacto sobre el sistema productivo

El período de análisis abarca de 1994 a 2010, no existen datos productivos anteriores continuos, solo los contenidos en los CGA cada diez años. Este período de análisis claramente no es el adecuado ni suficiente para detectar variabilidad climática, ya que existe acuerdo entre los investigadores a nivel mundial, que el éste debe ser de 30 años.

Las series históricas de producción de duraznos y manzanas a nivel nacional, muestran que existen fuertes oscilaciones de rendimiento entre años, no siempre atribuibles al efecto clima, sobre todo en el manzano, que es una especie con características de ser alternante.

Al volumen cosechado se suma la importancia de la calidad obtenida, ya que la ecuación económico-productiva tiene en cuenta para la rentabilidad los precios obtenidos, donde aspectos de calidad influyen notoriamente para el logro de mejores precios.

Un aspecto que destaca del Plan Estratégico de Fruticultura de Hoja Caduca (FHC) es el acuerdo de todos los actores del sector de que se está en el tope de la producción para mercado interno, en el punto de saturación, lo que explica que años de alta producción presentan precios muy bajos, y que la exportación parece ser el único camino viable.

Con los datos obtenidos, se cruzó la información con los datos climáticos para identificar:

a) Ocurrencia de frío invernal y heladas

b) precipitaciones durante el período activo del frutal

c) sequía

d) granizo

En fruticultura de hoja caduca es difícil identificar el sistema de producción, ya que los cambios tecnológicos se incorporan en un predio de manera continua y subsisten a la vez montes tradicionales con las tendencias de alta densidad de plantas. A pesar de esto existen categorías de productores, que DIEA clasifica en función del número de plantas. Este criterio implica que a mayor número de plantas corresponde mayor especialización en el rubro y mayor uso de los factores de producción (tierra, capital, mano de obra e información).

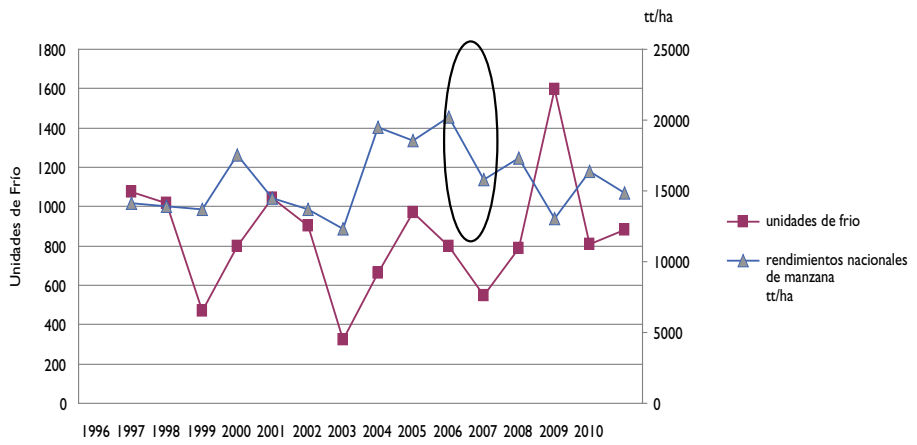
<u>Frío invernal</u>

La ocurrencia de frío invernal es determinante para el cumplimiento de la dormancia de los frutales de hoja caduca. Este aspecto climático reviste tal importancia que limita el

área de difusión de las especies a nivel nacional. Los efectos negativos que se observan como consecuencia de la falta de frío invernal son: la brotación es desuniforme y se retrasa, las yemas vegetativas no brotan, hay poco desarrollo foliar, la floración se retrasa y es desuniforme, y ocurre mal cuajado. El efecto puede alcanzar a la siguiente temporada, por mala foliación (Frías, 2006).

Para manzanos la efectividad del frío invernal sólo es apenas suficiente en la zona sur del país. Existen diferentes metodologías de relevamiento del frío invernal, pero el método Richardson (1974) sigue ajustándose bien para las condiciones de Uruguay (Contarin y Curbelo, 1987), y es aplicado por el Grupo Agroclima y Sistemas de Información (GRAS) de INIA, actualizándose la sumatoria cada diez días.

En la Figura 3.6.1 se observa la tendencia que a años de alta ocurrencia de frío corresponden años de buen rendimiento, a excepción de 2008-2009 donde el rendimiento se vio afectado por la sequía, a pesar de existir un alto porcentaje de montes con riego localizado.



Fuente: elaboración propia en base a datos de INIA Las Brujas

Figura 3.6.1. Horas de frío y rendimiento total de manzanas

Como se observa en la Figura 3.6.2, entre 750 y 1000 unidades de frío (método Richardson) son suficientes y efectivas para el rompimiento de la dormancia. Menor ocurrencia de frío invernal provoca mala floraciones, flores deformes y afecta el rendimiento final.

El análisis del rendimiento de productores del grupo CREA frutícola (Tabla 3.6.1), que llevan registro de sus rendimientos promedio por hectárea, muestra que entre 750 y 1000 unidades de frío donde se concentra la mayor producción lo que valida la Figura 3.6.3. No se han encontrado correlaciones significativas a nivel estadístico entre las unidades de frío y el volumen cosechado, sin embargo la observación de los datos muestra que en años de muy baja ocurrencia de frío, a nivel de un predio, el rendimiento es menor y se ve afectado el año siguiente.

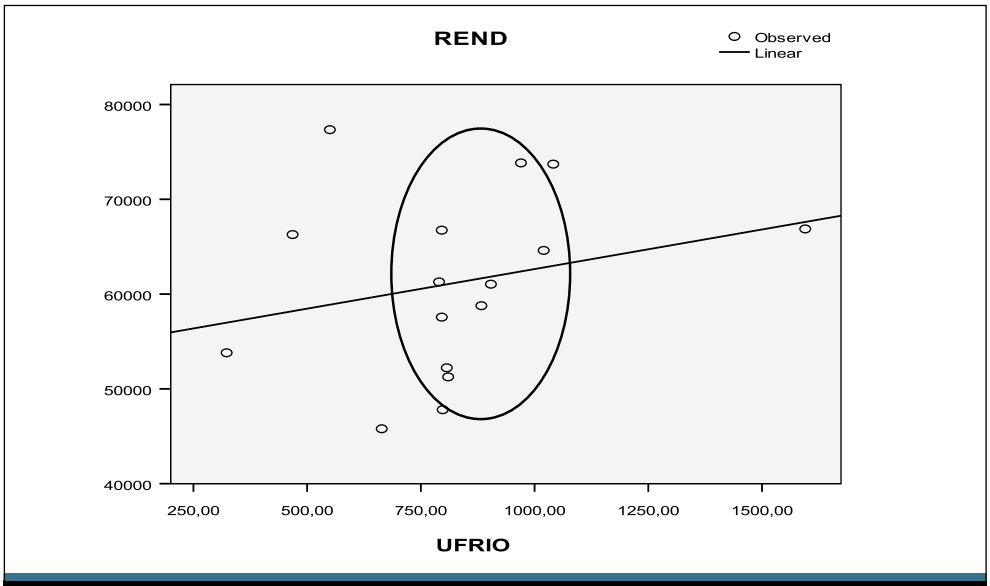


Figura 3.6.2. Producción y ocurrencia de frío invernal en unidades de frío (Richardson) en el caso de la manzana, producción nacional total en miles de toneladas

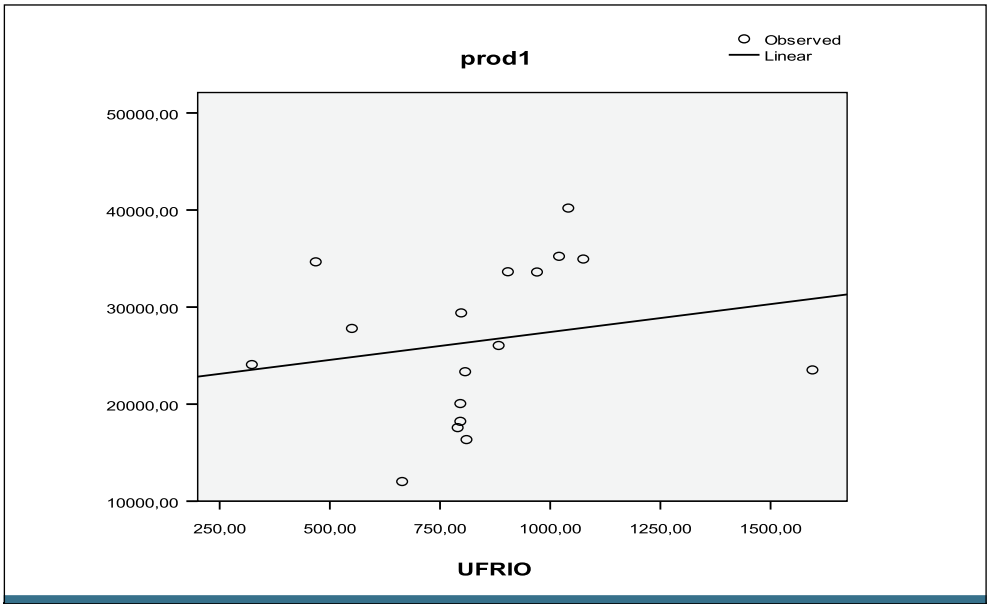


Figura 3.6.3. Rendimiento de manzana, en kilo por hectárea, y ocurrencia de frío invernal, a nivel de productor

Se correlacionaron los datos de producción de manzana de productores del grupo CREA con las unidades de frío, el resultado no fue estadísticamente significativo, porque existen muchos factores que explican el rendimiento anual del cultivo, sólo se puede evidenciar una tendencia.

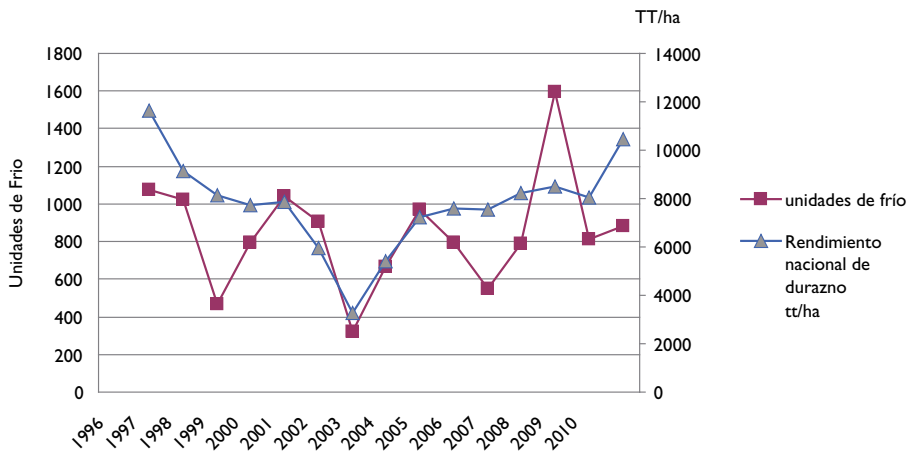
El duraznero también se ve afectado por la ocurrencia de frío invernal. En el país ha ocurrido una evolución, desde el cultivo de variedades interesantes a nivel comercial pero de mal comportamiento por tener altas exigencias de frío, a la investigación y selección de variedades de mayor adaptación a las condiciones climáticas del país. La existencia de variedades de muy bajo requerimiento de frío ha permitido el desarrollo del cultivo en los departamentos de Artigas, Salto y Paysandú.

El relacionamiento entre producción y ocurrencia de frío (Figura 3.6.4), sin embargo a nivel estadístico no muestra correlación, porque la mortandad de plantas de duraznero ocurrida en el año 2000 y la consiguiente pérdida de plantas en producción, afecta fuertemente los datos de rendimiento en el período de análisis

Tabla 3.6.1. Unidades de frío por año, rendimiento total nacional y rendimiento en kg/ha de productores de manzana

Año	Unidades de frío	Rend. nacional total	Productor kg/ha
1994	798	47805	29400
1995	1075	sd	34950
1996	1020	64607	35230
1997	468	66281	34660
1998	796	57570	18230
1999	1041	73710	40200
2000	904	61046	33640
2001	323	53809	24076
2002	664	45794	12026
2003	970	73837	33614
2004	796	66744	20060
2005	550	77342	27800
2006	790	61285	17579
2007	1595	66874	23525
2008	810	51266	16347
2009	883	58775	26043
2010	807	52226	23341

Fuente: elaboración propia en base a datos de inia, diea y productores



Fuentes INIA Las Brujas

Figura 3.6.4. Horas de frío y rendimiento total de durazno

Heladas

Las heladas que pueden afectar a los frutales, son las denominadas tardías o posteriores al inicio de brotación, tomándose como fecha límite el 15 de setiembre. Según el trabajo de Agroseguro (2005) que evaluó el riesgo de daño por helada en frutales, tanto el manzano como el peral -por tener una brotación tardía-, serían menos afectables que el duraznero, que inicia su ciclo anual a fines de agosto. El reporte de daños por heladas tardías en durazneros es más frecuente en la zona litoral norte.

Exceso de agua en el suelo o lluvias frecuentes

El exceso de agua en el suelo durante la brotación de los durazneros provocó asfixia radical y muerte de plantas, en la primavera del año 2000. Este hecho no ocurría desde las famosas inundaciones de 1959.

Por otra parte, primaveras lluviosas afectan la producción de todos los frutales, sobre todo por un mayor ataque de las enfermedades a hongos. Esto determina un gran descarte de fruta afectada que no es remitida tan siquiera a la industria, y que es difícil de cuantificar. Según los diferentes reportes analizados (anuarios OPYPA) esto ocurrió en los años 1993-1994, 2002-2003, 2007-2008 y podría explicar en parte los bajos rendimientos de esos años.

El exceso de agua en el suelo es un elemento tenido en cuenta por parte de los productores al momento de seleccionar la ubicación de un monte y la especie a implantar. Además del diseño de desagües, es ya una práctica difundida, la plantación de frutales en camellones, para permitir un mejor drenaje a nivel de las raíces de las plantas en suelos arcillosos.

El caso extremo ocurrido por condiciones climáticas de lluvia y días nublados, ocurrió en la primavera 2009, donde se reportó una caída inusual de manzanas luego del cuajado (INIA, 2009).

Sequía

En la actualidad más del 60 % de la superficie frutícola se encuentra bajo riego, fundamentalmente localizado y por goteo. Sin embargo, en el Plan Estratégico de FHC, los productores sienten como la principal limitante climática las fuentes de agua, considerándolas insuficientes, sobre todo en el departamento de Canelones. La búsqueda de mejor abastecimiento de agua es una de las razones del crecimiento de superficie frutícola en el departamento de San José.

Este aspecto fue notorio en la gran sequía del año 2008, donde muchas fuentes de agua no fueron suficientes, o los reservorios no tenían agua acumulada durante el invierno.

Granizo

La adversidad más temida por los productores es claramente el granizo, que se demuestra por el hecho de que se contratan anualmente seguros contra este evento climático. El efecto que causa el granizo en los frutales está directamente relacionado con la época de ocurrencia, la intensidad y el tamaño del mismo.

Los perales y manzanos pueden registrar hasta un 4,4% de pérdidas que, en el caso del durazno, suponen más del 9,5% de la cosecha (MGAP, 2005).

3.6.4. Resultados

El análisis de la información existente sobre la producción frutícola en el período bajo estudio (1994 a 2011) no es suficiente para poder realizar afirmaciones sobre la sensibilidad a la variabilidad climática. Sin perjuicio de ello, se ha trabajado tratando de identificar los principales aspectos climáticos que según técnicos y productores son los de mayor impacto en la producción.

Los modelos de escenarios probables señalan, entre otras tendencias, la posibilidad de aumento de lluvia en primavera y verano. Esta situación haría replantear en consecuencia el actual paquete tecnológico: en lugar de ser prioritario el riego, lo debería ser la elección del sitio a plantar, su ubicación topográfica, y la construcción de buenos drenajes, mientras que el riego seria, en ese caso, de tipo suplementario para ocasionales déficit hídricos. Otro aspecto relacionado con la importancia de las aplicaciones fitosanitarias para proteger los frutales de enfermedades a hongos, es la necesidad de contar con maquinaria adecuada. Este aspecto suele llevar a un sobredimensionamiento en el número de HP (Horse Power) por unidad de superficie de tractores, y mayor número de maquinas atomizadoras, para poder cubrir de manera veloz toda la superficie de manzanas y perales en las horas previas, o posteriores, a una lluvia, según la estrategia de protección fitosanitaria. No es un tema menor, y puede ser la causa de la expulsión de pequeños y medianos productores de la producción frutícola, por escasa capacidad de inversión en maquinaria.

El aumento de temperatura media mensual observado en los últimos 30 años, puede explicar el comentario de algunos técnicos e investigadores sobre la ocurrencia de plagas en la fruticultura, donde se observa, con mayor frecuencia y precocidad en la temporada de crecimiento de los frutales, el ataque de insectos de comportamiento tropical, tales como la mosca de la fruta. Sin embargo no se han logrado aún evidencias científicas concluyentes de respuestas negativas o positivas a este aumento.

Para algunos técnicos, y para algunos productores, la variabilidad climática se percibe, no tanto en la ocurrencia sistemática de eventos, sino en la intensidad de ocurrencia de los mismos, y la mayor dificultad que les representa responder a los mismos.

3.6.5. Factores principales que determinan la sensibilidad

Los productores de pequeña escala productiva, inferior a 3000 plantas, son los más vulnerables frente a toda coyuntura adversa, sea climática como productiva o comercial, según se declara en el Plan Estratégico de la Fruticultura (Caputti y Canessa, 2012). Dentro de las dos especies estudiadas, los productores de poca superficie, y a su vez más dedicados a la producción de duraznos, son los más vulnerables, por tener menor capacidad de respuesta adaptativa, tanto por recursos económicos como por falta de información.

El bajo promedio nacional en rendimiento es explicado por un déficit en las empresas menos tecnificadas o de peor dotación de recursos, particularmente agua (Caputti y Canessa, 2012).

En general, para los eventos climáticos adversos más frecuentes en el país, tales como falta de frío invernal, períodos secos durante el verano y primaveras lluviosas, los productores manejan numerosas medidas paliativas para reducir la incidencia de éstos.

La información referida a la acumulación de unidades de frío, por el Método Utah de Richardson et al. (1974), y las horas de frío, método Weinberger, está disponible y es de

libre acceso en la página web del INIA Las Brujas en su boletín agroclimático, que posee actualización cada diez días. Por otra parte, aún los productores de menores recursos tecnológicos pueden evaluar pragmáticamente la calidad del invierno y tomar las medidas necesarias. Existen en el mercado diferentes productos para compensar la dormancia, y su elección y momento de aplicación dependerá del asesoramiento técnico recibido. Puede existir una limitante económica al momento de seleccionar productos, ya que los más efectivos son a su vez los más costosos. Los rendimientos mostrados en el punto anterior muestran que el uso de compensadores de frío logra paliar solo en parte el problema, y que un año de bajo frío invernal tendrá repercusión en la producción.

Manzano

A diferencia del duraznero, el exceso de agua en el suelo no ha sido tan importante, aunque se reportan algunas muertes de plantas por suelos anegados, sin constituir un hito como en el duraznero. Sin embargo, las lluvias a partir del momento de brotación son causa de la propagación de la principal enfermedad fúngica que ataca el manzano, la sarna. Proteger el cultivo contra la sarna, junto con la inversión en maquinaria, constituyen los costos más significativos para el rubro.

Duraznero

Se citan los eventos climáticos de mayor incidencia, y la sensibilidad de la especie a su ocurrencia, según una escala, donde el rojo representa la situación más difícil. El exceso de agua en el suelo, por lluvias, durante el período de brotación, no es frecuente, sin embargo representa un hito en la fruticultura por la pérdida de plantas que ocurrió en 1959 y en el 2000.

3.6.6. Factores principales que determinan la capacidad adaptativa

Manzano

Se utilizaron iguales situaciones de productores y consideraciones que para el duraznero. Es de destacar que un productor pequeño es posible que evite cultivar manzana y pera, por el riesgo de la sarna y la necesidad de tractor y atomizadora para proteger el cultivo.

Cuando se citan variedades sensibles al quemado de sol, es Fuji, que en parte ha sido eliminada por la imposibilidad de mitigar. También algunos sistemas de conducción exponen más la fruta al sol y se tendría mayor daño, pero no existen reportes sobre las pérdidas reales que se producen por quemado, por lo que no se profundiza en este tema.

Duraznero

Se utilizaron tres situaciones de productores, según escala de número de plantas en cultivo, no necesariamente de la misma variedad. Se asume que el productor de menos de 3000 frutales en cultivo es pequeño, posiblemente tenga un sistema de producción donde combina la fruticultura con otros rubros, y su capacidad económica-empresarial para resolver eventos climáticos adversos es menor.

Tendencias climáticas esperables a largo plazo según escenario.

	Observadas (30 años o más)	Proyección futura según Escenario y Horizonte temporal					
		A2 20	A2 50	A2 80	B2 20	B2 50	B2 80
Temperatura media mensual	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Temperatura máxima mensual	↓	Inconsistencia entre modelos					
Temperatura mínima mensual	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Ocurrencia heladas tardías	↓	No es modelado por los GCM					
Frío invernal	↓	No es modelado por los GCM					
Lluvia mensual (primavera y verano)	↑		↑	↑	↑	↑	↑
ETP mensual	Variable según localidad	No es modelado por los GCM					

3.6.7. Opciones priorizadas para reducir la sensibilidad, aumentar la capacidad adaptativa y construir resiliencia

Los frutales de hoja caduca no pueden ser cultivados en todo el país, por limitantes en el normal desarrollo del período de dormancia, y para la mayoría de las especies, el clima es un factor restrictivo. La elevada pluviometría implica una muy alta aplicación de productos fitosanitarios para la protección de las plantas, que eleva los costos de producción, si se los compara con otras zonas frutícolas del hemisferio sur. Sin embargo, los predios frutícolas revisten una importancia socio-económica importante para el país, por tratarse, por un lado, de empresas básicamente de tipo familiar, con alto uso de mano de obra, y por otro, por producir alimentos cada vez más necesarios para una nutrición humana equilibrada. El abastecimiento al principal mercado, la ciudad de Montevideo, y la mayor ocurrencia de frío invernal, los concentra en los departamentos de Montevideo, Canelones, San José y parte en Colonia. Es un sector productivo que utiliza mucha tecnología para reducir el impacto adverso del clima, por lo que un escenario de variabilidad climática puede poner en riesgo el resultado económico de las empresas. Los productores construyen resiliencia de manera continua y buscan alternativas para no perder su capital productivo, sobre todo porque se trata de una producción a largo plazo -con permanencia del cultivo de entre 15 a 30 o más años- con un elevado costo inicial de instalación y mantenimiento durante la fase improductiva de los árboles.

El principal evento climático que afecta a los frutales de hoja caduca, y condiciona su ubicación geográfica, es la ocurrencia de frío invernal, que afecta la calidad y cantidad de floración y posterior cuajado: inviernos deficitarios en frío implican menor cantidad de fruta en la siguiente temporada. A nivel productivo, y como medida a corto plazo, dentro del año problemático, existen productos químicos que actúan como compensadores de frío, con los inconvenientes de: incrementar los costos de producción, no ser de fácil manejo en situaciones climáticas adversas (ocurrencia de períodos cálidos durante el invierno que provocan que las yemas tiendan a abrirse y pueden ser quemadas por el producto compensador) y no estar al alcance de todos los productores (por razones económicas o por falta de conocimiento sobre su uso). Los compensadores de frío

mitigan el daño, pero no lo anulan por completo. Otra medida para mitigar el daño, es el uso de variedades de bajo requerimiento de frío. Esto es posible sobre todo en el duraznero; mientras que las variedades disponibles a nivel internacional para la manzana, cuya producción de fruta es de buena calidad, son de medio a alto requerimiento, es así entonces que el seguimiento de la ocurrencia de frío invernal puede ser más importante para manzana que para durazno.

Los modelos de escenarios probables señalan, entre otras tendencias, la posibilidad de aumento de lluvia en primavera y verano. Esta situación haría replantear el actual paquete tecnológico, donde, en lugar de ser prioritario el riego, lo debería ser la elección del sitio a plantar, su ubicación topográfica, y la construcción de buenos drenajes, y el riego seria en ese caso suplementario para ocasionales déficit hídricos.

El aumento de temperatura media mensual observado en los últimos 30 años, puede explicar el comentario de algunos técnicos e investigadores sobre la ocurrencia de plagas en la fruticultura, donde se observan con mayor frecuencia y precocidad en la estación, los ataques de insectos de comportamiento tropical, tales como la mosca de la fruta. No se han logrado evidencias de respuestas negativas o positivas a este aumento.

Para algunos técnicos y para algunos productores, la variabilidad climática se percibe, no tanto en la ocurrencia sistemática de eventos, sino en la intensidad de ocurrencia de los mismos, y la mayor dificultad que les representa responder a ellos.

3.6.8. Consideraciones finales

El análisis de la información existente sobre la producción frutícola en el periodo bajo estudio (1994 a 2011) no es suficiente para poder realizar afirmaciones sobre efectos medibles sobre la producción a causa de la variabilidad climática. Esto no significa que no existan, simplemente que los datos productivos a disposición no son suficientes en cantidad y calidad para detectar tendencias. Sin perjuicio de ello, se ha trabajado tratando de identificar los principales aspectos climáticos que según técnicos y productores son los de mayor impacto en la producción.

Existen varias fuentes de información a nivel del MGAP, y las demás Instituciones que aportan a la comprensión del sector pero no a su diagnostico frente a la capacidad adaptativa que pueda presentar el sistema de producción frutícola. La variable sobre la que existe mayor información, es el volumen de producción, y salvo algunas pocas excepciones, no existen datos sobre la calidad de cada zafra, así como no existen reportes de pérdidas ocurridas a nivel de predio por adversidades climáticas, con excepción clara del granizo.

De acuerdo a lo expuesto, la principal conclusión y recomendación es que se tienda a armonizar la información generada en las diferentes Instituciones y/o reparticiones, para que sea posible el monitoreo climático a efectos de poder estudiar mejor el impacto del efecto año y la adopción de medidas para reducir los riesgos. Por otro lado, es necesario que se investigue mas sobre el efecto del clima y su variabilidad, sobre las especies y variedades cultivadas en el país, para poder recomendar medidas mitigadoras (por ejemplo, no existe información nacional sobre las causas que producen daño por quemado de sol en algunas especies). La investigación debería propender a identificar las variedades de las diferentes especies de mejor adaptación a las situaciones de cultivo, en el actual contexto y en el escenario de variabilidad climática.

El sector frutícola de hoja caduca atraviesa una crisis de baja rentabilidad, manifestada en su reciente Plan Estratégico, donde los costos de producción tienen buena parte de la responsabilidad de este hecho. Un incremento de adversidades climáticas puede llevar a la expulsión de productores de este sistema, sobre todo de aquellos de menor capacidad de ajuste, o de inversión. Estos son básicamente productores de pequeña escala frutícola.

3.7. Viticultura

MENSAJES CLAVE

- Las principales amenazas climáticas para la viticultura son: altas temperaturas diurnas y nocturnas, bajas temperaturas, últimas helada e incremento de precipitaciones en verano.
- El efecto del adelanto de la maduración, provoca un cambio en la composición de las uvas en cosecha. El resultado más significativo se observa en la acidez final de la uva, estos cambios son una oportunidad para reflexionar sobre las técnicas de cultivo y la gestión de la vinificación.
- Se recomienda, como existe en la mayoría de los países vitícolas, la instrumentación de un observatorio vitícola que permita relevar anualmente la información climática y de cultivo.
- La implementación de seguros vitícolas debería incluir la sanidad, en particular las pérdidas causadas por "pudriciones de racimos", ya que ocurren próximas a la cosecha, afectan la calidad del vino y son altamente dependientes de las condiciones ambientales.
- La capacidad adaptativa predial se relaciona con el acceso a asesoramiento técnico, tecnología e información. En este sentido, una forma de reducir la vulnerabilidad es el agrupamiento de productores. Las situaciones más sensibles son aquellas sin asesoramiento, con poco acceso a la información y con poca o nula capacidad de adoptar tecnologías.

3.7.1. Situación actual y evolución reciente

El sector aporta el 1,8 % del VBP agropecuario, ocupa alrededor de 8000 hectáreas, de las cuales más del 80 % son de propiedad de los viticultores. En el año 2011 se declararon 1878 explotaciones, con una población residente estimada en 7000 personas, además de la importante cantidad de mano de obra permanente y zafral (INAVI, 2012). Los empleos directos e indirectos de la cadena se estiman en 70 000.

La viticultura se reparte en dos zonas principales de producción: la zona sur y norte del país. La región sur es la de mayor importancia (tanto en uva de vino como en uva de mesa) donde se concentra el 96% de las explotaciones. Montevideo y Canelones tienen el 80% de las plantas totales y aportan el 78% de la producción (DIEA, 2003b).

Echeverría (2003) realizó un agrupamiento de productores en función de las variables: superficie, número de plantas, cosecha 2003, composición del viñedo según tipo de variedades (*V. vinífera*), productividad por hectárea, fuerza de trabajo (permanentes ***vs*** zafrales, familiar *vs* asalariado), reconversión, nivel tecnológico (sistema conducción, marco de plantación, criterio de poda, manejo de suelos, seguimiento de la maduración, uso de botrycidas, etc.) y nivel de vinculación con el medio. Se identificaron y caracterizaron cuatro grupos de productores, dos de los cuales presentan características opuestas:

El grupo I es el más sustentable, el más importante en área y producción y el IV el más sensible.

Grupo I: "Empresarial"

- Superficie extensa: promedio 76 ha por establecimiento
- Mayor cosecha absoluta
- Base productiva: *Vitis vinifera*
- Menor proporción de trabajo familiar
- Su superficie vitícola se encuentra en expansión
- Bien tecnificado, abiertos a la innovación tecnológica

Grupo IV: Grupo Muy Débil con Manejo Tradicional

- Baja superficie: promedio 5 ha
- Escaso peso en la producción total
- Casi sin *Vitis vinifera*
- La superficie vitícola se mantiene igual o baja levemente
- Tienen el peor manejo en sistema de conducción y las menores densidades por ha
- Manejo de suelo "tradicional" y fertilización solo según posibilidades económicas

La viticultura uruguaya durante los últimos quince años, sufrió un fuerte proceso de reconversión varietal y en aspectos tecnológicos que abarcan también la adopción de maquinaria de bodega.

Se verifica un notorio arranquío de plantas de variedades de baja calidad enológica: frutilla e híbridos productores directos. Al mismo tiempo se incrementan notoriamente las variedades para la producción de vino fino, vino de calidad preferente (V.C.P.), principalmente: Tannat, Merlot y Cabernet Sauvignon, que representan el 47,3% de las variedades tintas. En el período 1994-2011 hubo un descenso del número de plantas del entorno del 48% como consecuencia de los nuevos sistemas de conducción que requieren menor número de plantas por hectárea.

El conjunto de las técnicas de cultivo y la mejora del material vegetal permitieron un aumento de los rendimientos medios por hectárea, que pasaron de 10 000 kg en el 1994 a 14 000 kg en el 2011. El volumen de vino en el mismo período varía según la producción de uva de cada año, ubicándose en promedio en 90 millones de litros por año. En igual período el consumo *per cápita* pasó en al año 1994 de 32 litros a 24,7 en el año 2011, comparable al de Argentina.

Al igual que para los frutales de hoja caduca, se ejecutó un Plan de reconversión de viñedos, primero a nivel de Instituto Nacional de Vitivinicultura (INAVI) y luego centralizado en PREDEG (MGAP).

El sector está fuertemente regulado, y fiscalizado en lo referente a la producción de vinos. En 1988 se unifican las tareas de varias instituciones creándose el INAVI, con roles tales como el control, fiscalización, y promoción de la vitivinicultura.

El principal destino de la producción vitícola (90%) es la vinificación dirigido mayormente al mercado interno. La exportación de vino uruguayo es aún incipiente, sobre todo en las

categorías de calidad alta, por el desconocimiento del mercado de Uruguay como país productor de vino.

La imagen positiva del consumidor del vino uruguayo, entre otras medidas, permitió que las importaciones se mantuvieran relativamente constantes en volumen.

Actualmente el sector bodeguero consta de 170 bodegas, que se clasifican según su capacidad de elaboración. En la producción de vino se debe diferenciar en vino de mesa y vino fino o VCP, ya que se trata de productos con diferentes estrategias y canales comerciales. En el caso del vino VCP Uruguay ha ganado medallas en concursos internacionales que le han permitido establecer un mercado de exportación y reconocimiento en el mercado interno, sobre todo basado en los vinos elaborados con la variedad Tannat.

Instituciones de relevancia

El INAVI, que se encarga de la regulación, fiscalización y promoción de todo lo relativo al rubro, tiene representación de los Ministerios de Ganadería, Agricultura y Pesca, Economía, e Industria, Energía y Minería, y de las diferentes agremiaciones.

Enseñanza e investigación: Universidad de la República (UDELAR), Escuela de Enología del Consejo de Educación Técnico Profesional (CETP)- que forma técnicos enólogos- y el INIA.

Agremiaciones: Asociación de Bodegas Exportadoras (marca: Wines of Uruguay), Asociación de Turismo Enológico (marca: Los Caminos del Vino), Asociación de Bodegueros, Gremial de Viticultores, Asociación de Viveristas del Uruguay, Centro de Viticultores , Federación Uruguaya de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (FUCREA). El sector presenta un fuerte dinamismo en cuanto a productores asociados en grupos CREA, llegándose a tener tres grupos vitícolas operativos en el país. Estos grupos han sido tradicionalmente quienes más han exigido investigación nacional para superar obstáculos.

Principales amenazas climáticas

Las principales amenazas climáticas incluyen: heladas tardías, bajas temperaturas nocturnas (feb<16°C), días con temperaturas >30°C, déficit hídrico en (noviembre y enero-febrero), y lluvias en exceso-déficit (noviembre-diciembre y enero-febrero). Estas amenazas afectan la producción y composición de la uva.

Para los agro-ecosistemas vitícolas surgen las siguientes preguntas: ¿La variabilidad observada y las tendencias climáticas afectarán la localización posible del cultivo? ¿Las variedades implantadas se adaptarán a la nueva situación? ¿Qué regiones y tipos de productores son los más sensibles a la variabilidad y cambio climático?

3.7.2. Metodología para el estudio de la sensibilidad a la variabilidad climática

Bases de datos utilizadas

Para analizar el impacto de la variabilidad climática se utilizaron variables productivas del rubro. Se trabajó a dos escalas: una escala macro, con base de datos de INAVI, de registros de producción nacional y departamental (se considera solamente el departamento de Canelones), y una escala predial, con los resultados de los experimentos del Grupo de Viticultura de la Facultad de Agronomía (FAGRO-UDELAR) en predios comerciales de

Canelones. La base de datos utilizada fue aquella recabada por proyectos de investigación del Grupo de Viticultura FAGRO, información obtenida durante el periodo 1994-2011. Los ensayos fueron realizados sobre tres viñedos comerciales del departamento de Canelones. La variedad estudiada fue Tannat injertada sobre el portainjerto SO_4. El sistema de conducción era espaldera y con tipo de poda larga. La densidad de plantación en todos los casos fue de 3748 plantas/ha (2,3m*1,25m). Se dispone de información de los componentes de rendimiento, las fechas fenológicas de maduración, variables de respuesta de la planta y composición de la baya en cosecha. Las observaciones se realizaron en las mismas parcelas a lo largo de los años y se siguieron protocolos aceptados mundialmente, lo que constituye una metodología de tipo "observatorio".

Las variables analizadas fueron:

- Variables productivas: rendimiento-hectárea, rendimiento-planta, producción de madera-planta, la relación entre producción de uva y madera (indicadores de equilibrio – Indice de Ravaz) y el tamaño de grano (g).
- Variables de comportamiento: fechas fenológicas de envero (comienzo de cambio de color en los granos de uvas) y madurez tecnológica, momento en qué se cosecha según datos analíticos de las uvas.
- Variables de composición de la uva: sólidos solubles (g/l), acidez titulable (mg H_2SO_4/l), pH y polifenoles (años para algunos)

La oportunidad de analizar una cantidad significativa de variables de cultivo de la vid, ayuda a comprender su comportamiento y a analizar en detalle qué fase o proceso fisiológico se ve más afectado por determinadas situaciones climáticas del año.

El "efecto año" se observa en su fenología, en la composición final de la uva y en el rendimiento. Se hace un especial énfasis en la composición final de la uva, por estar asociada al producto final vino.

Análisis de las variables climáticas relevantes

Para la vid, existe un sinnúmero de índices bio-climáticos relacionados directamente al cultivo. La riqueza de estos índices, radica en su aplicación: se puede inferir desde la actividad fotosintética (producción de azúcares), hasta regionalizar el cultivo a nivel mundial. Para citar algunos ejemplos, se separan los índices según el componente del clima que considera: índices térmicos e índices hídricos.

Índices térmicos

Los Grados Día de Winkler (Amerine y Winkler, 1944). En general, la temperatura base para la vid se estima en 10°C y las temperaturas por arriba de ese umbral son consideradas como temperaturas activas (Duchêne et al., 2005). El índice de Winkler (1974) o el "Growing Degree Days" (GDD) es el cálculo de la suma de temperaturas medias diarias por encima de 10°C (cero fisiológico del cultivo). La suma de esos valores es calculada por el período del 1° de setiembre al 28 de febrero (en nuestras condiciones de acuerdo al ciclo del cultivo).

Índice Heliotérmico de Huglin (IH) mide la cantidad de calor recibido por la planta durante el período vegetativo (fotosintéticamente activo), temperaturas favorables a la fotosíntesis

(Huglin, 1978). Fue desarrollado para encontrar una mejor relación entre las condiciones climáticas y el tenor en azúcares de la uva (Ribéreau-Gayon et al., 2000). Al integrar en su fórmula un coeficiente de latitud, toma en cuenta el largo del día. Se calcula a partir de las temperaturas máximas y medias superiores a 10°C de cada día. La suma de estos valores se acumula desde el 1° de setiembre hasta el 28 de febrero (en nuestras condiciones de acuerdo al ciclo del cultivo).

Su fórmula es: IH = Σ {(Tmed –10 + (TMax – 10)}/ 2 .k
Dónde TMed = temperatura media del aire (°C), TMax= temperatura máxima del aire (°C), k = coeficiente largo del día.

Índice de Frescor de Noches (IF) (Tonietto, 1999): evalúa las potencialidades cualitativas de las regiones vitícolas y tiene en cuenta la elaboración de los metabolitos primarios por la etapa oscura de la fotosíntesis y los secundarios (antocianos y aromas). Varios estudios demostraron la influencia de la temperatura nocturna sobre los componentes de la uva, sobre todo: ácido málico, antocianos y aromas (Kliewer y Torres, 1972; Tonietto y Carbonneau,2001; Neethling et al. 2011). La combinación de este índice con el IH proporciona una mejor estimación del medio vitícola (Carbonneau, 2000). Se calcula como la media de la temperatura nocturna del mes de maduración. IF = Temperatura mínima del aire del mes de febrero (HS).

Temperatura media del mes más cálido (Prescott, 1969): en las condiciones del país el mes más cálido es enero y caracteriza las temperaturas al comienzo de la maduración de la uva. También es utilizado el número de días con temperaturas mayores a 30°C de noviembre a febrero.

Índices hídricos

Índice de Balance Hídrico potencial de Riou, llamado Índice de Sequía (IS) (Tonietto, 1999), es la resultante de los aportes y pérdidas en agua calculados sobre un período determinado en un volumen de suelo (de setiembre a febrero, en nuestras condiciones de acuerdo al ciclo del cultivo).

Su fórmula es IS = W = Wo + P - Tv – Es.
Donde W = estimación de la reserva hídrica del suelo en un período dado; Wo = reserva hídrica inicial útil del suelo, explorable por las raíces; P = pluviometría; Tv = transpiración potencial del viñedo; Es = evaporación directa a partir del suelo. IS es calculado sobre un período de seis meses, mes por mes, a partir de los valores mensuales de: P, Evapotranspiración Potencial (ETP), Tv y Es.

Umbrales de temperatura por órgano y momento del ciclo y precipitaciones

Necesidades de temperatura - Umbrales Térmicos

La vid, a diferencia de los frutales de hoja caduca, tiene escasos requerimientos de temperaturas bajas que dependen de la variedad y requerimientos de temperaturas altas para que ocurran determinados procesos fisiológicos a la interna de la yema (Pouget, 1988; Mohamed et al 2010; Di Lena et al., 2012). García de Cortazar, (2006) propone un método de cálculo de estas necesidades térmicas a partir de los modelos de Bidabe (1965) y Richarson (1974). Entre febrero y julio (HN) se suman las necesidades de bajas temperaturas y para las necesidades de temperaturas altas (superiores al cero fisiológi-

co de 10°C) de julio a setiembre (HN). Según este autor, en general los requerimientos en temperaturas bajas, no son limitantes para el cultivo ya que son cuantitativamente mínimos.

El óptimo para la actividad de fotosíntesis está estimado en 15°C nocturna /25°C diurna (Hunter y Bonnardot, 2011), con detención del proceso a temperaturas superiores a 35°C. Para el crecimiento vegetativo, Lebon (2002) determinó temperaturas de entre 15 a 25°C de setiembre a abril (HS).

Para otros procesos fisiológicos:

- Crecimiento radicular: la temperatura mínima es de 10°C, con un óptimo de entre 20 °C y 30°C (Champagnol, 1984, Huang et al., 2005).
- Inducción temperaturas comprendidas entre 20°C y 25°C de acuerdo a la variedad (noviembre).
- Floración-cuajado temperaturas comprendidas entre 20 °C y 25 °C (15 °C -25°C nocturna/diurna), con efecto negativo con T° < 12°C (Noviembre-diciembre) (Keller et al., 2010).
- Crecimiento de la baya: T° elevada disminuye tamaño: efecto sobre multiplicación y agrandamiento celular (Kliewer, 1977). Óptimo: 20 °C y 25°C (diciembre-febrero).
- Composición de la uva T° > 35°C se afecta el contenido en antocianos, azúcares y ácidos, el régimen térmico durante este período 25 °C -15 °C diurno/nocturn0, siendo el óptimo de 20 °C (Mori et al., 2007; Goto- Yamamoto et al., 2010).

Cuando se refiere a la temperatura del aire como riesgo, se hace referencia al perjuicio que puede ocasionar la ocurrencia de temperaturas por encima de las máximas o por debajo de las mínimas críticas. En especial la ocurrencia de bajas temperaturas del aire es un aspecto relacionado con el clima, que provoca importantes pérdidas económicas en la agricultura de zonas templadas y subtropicales. En Uruguay, las heladas (helada meteorológica se define como temperatura del aire menor o igual a 0°C en casilla meteorológica y 1,5 m de altura) son en su gran mayoría por procesos de enfriamiento radiactivo. En el caso de la viticultura, las heladas que resultan particularmente problemáticas son las heladas tardías o de primavera. Esto es por la mayor sensibilidad de las plantas de vid en los primeros estados de desarrollo vegetativo y reproductivo a la ocurrencia de bajas temperaturas (Pedocchi y Ferrer, com. pers.)

Umbrales hídricos

La lluvia juega un rol indirecto sobre el desarrollo vegetativo y sobre la maduración de la uva, determinándose el régimen hídrico de la vid, por la reserva hídrica del suelo. El crecimiento estará limitado en situaciones de déficit hídrico (Zufferey y Murisier, 2004), afectando el desarrollo radicular, el crecimiento vegetativo y generalmente baja la producción (Hulgin y Scheneider, 1998). Estudios sobre el efecto del estado hídrico en la vid, muestran el efecto positivo del estrés hídrico moderado sobre la acumulación de azúcares, polifenoles, la degradación de ácido málico, la producción de bayas pequeñas y la disminución del rendimiento (Ojeda et al., 1999; Van Leeuwen et al., 2004). La tolerancia al déficit hídrico depende de la variedad, porta-injerto y su efecto puede ser negativo sobre el potencial aromático en uvas blancas (Schultz, 2000; Sousa et al., 2006). Para evaluar el estado hídrico

de la planta se puede calcular el índice de sequía, el cuál muestra mediante categorías, cuándo estaría sucediendo estrés hídrico.

En referencia a los umbrales en este cultivo hay que considerar los excesos de lluvias que se registran en particular en el período de maduración, es una limitante fundamental en la composición y la sanidad de la uva.

3.7.3. Resultados

A continuación se muestra la evolución temporal de los principales componentes de clima (temperatura y precipitaciones), como también la de aquellos índices bioclimáticos adaptados al cultivo de la vid. La base de datos climáticos utilizada fue la de la Estación del INIA Las Brujas, tomándose una serie de años del 1972 a 2012.

Caracterización de la variabilidad climática relevante

Componente Térmica

Los valores del IH (Huglin, 1978) están estandarizados para definir tipos climáticos comparables entre regiones y años (Figura 3.7.1). El valor histórico para la zona sur del país es de 2100 que según la clasificación climática del IH, corresponde al tipo climático "templado".

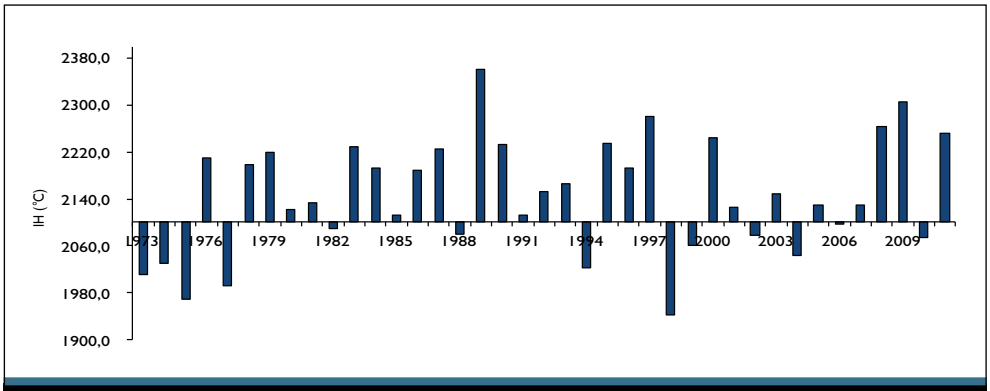


Figura 3.7.1. Evolución del Índice Heliotérmico de Huglin (IH) respecto a la valor histórico 2100, para el período 1972-2011

A partir de las variaciones del Índice se pueden estimar las climáticas, así índices superiores a 2100 corresponden al tipo de clima "templado a cálido". Para la serie de años estudiada, la mayoría de los años se encuentran superando la clase climática de templada, tal como lo citan Neethling et al. (2011).

La suma de esos valores de GDD (Winkler et al., 1974) es calculada para el período del 1° de setiembre al 28 de febrero correspondiente al ciclo del cultivo.

Los Grados Día en base 10 es un índice muy relacionado a IH, que presenta como limitante la sub-estimación de temperaturas elevadas durante el día. En la Figura 3.7.2 se puede observar la evolución de los GDD. Los años más calurosos fueron aquellos que superan el valor de 1667 de GD de regiones cálidas. Para las condiciones del país, no hubo ningún

año de la serie que corresponda a la región muy cálida, con valores mayores a 1945 GD acumulados en la temporada.

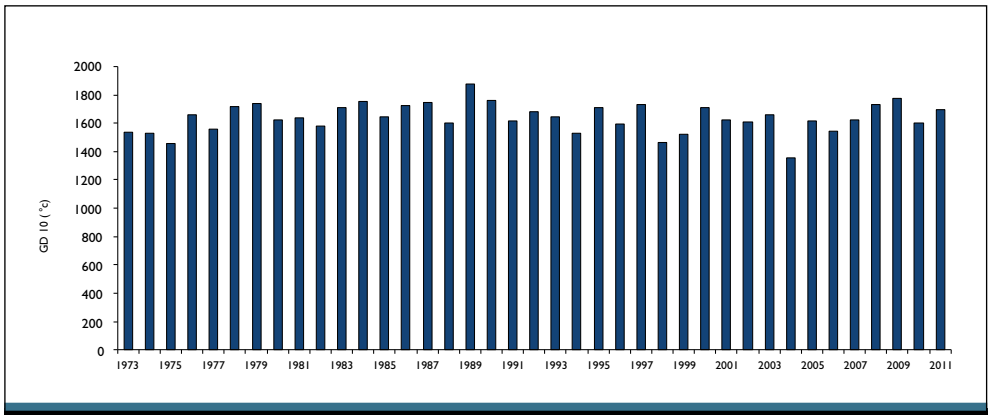


Figura 3.7.2. Evolución de los Grados Día Base 10 (GD) para el período 1972-2011

La temperatura, expresada en los próximos casos como suma térmica (GD o IH), indica como transcurren los procesos fisiológicos. Cuando mayor es la acumulación diaria, más cortos serán los estados fenológicos como por ejemplo la etapa de maduración (Agenis, 2005; Tomasi et al., 2011). Como consecuencia de esto, la composición de la uva se puede modificar.

La evolución del IF (Tonietto, 1999; Tonietto y Carbonneau, 2001), que estima la influencia de la temperatura nocturna sobre los componentes de la uva, se muestra en la Figura 3.7.3. Se observa que la evolución del IF junto con la Temperatura media máxima (°C) del mes más cálido registran un aumento en las temperaturas nocturnas que puede conducir a la pérdida de calidad de la cosecha, entre otros factores, se reduce: la acidez, el potencial aromático y el contenido de azúcares (Duchêne y Schneider, 2005).

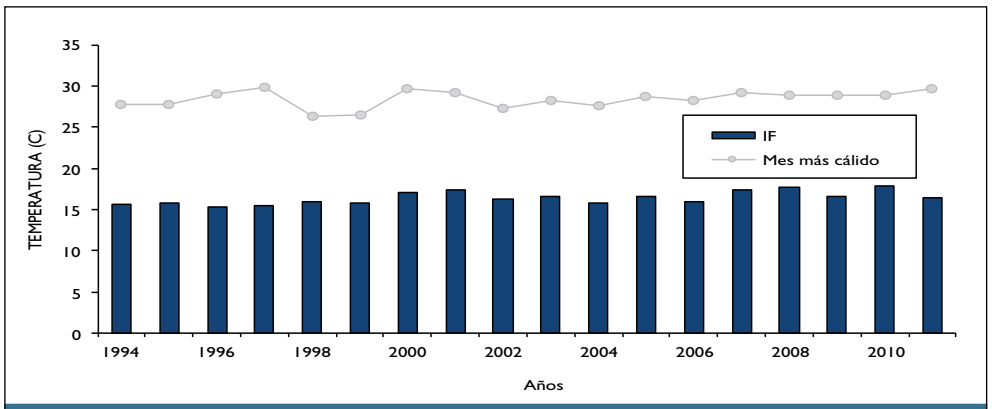


Figura 3.7.3. Evolución del Índice de Frescor nocturno (IF) y Temperatura media máxima del mes más cálido (enero) para el período 1994-2011

Es importante analizar el número de días con temperaturas mayores a los 30°C, debido a que las temperaturas extremas aceleran la degradación de antocianos y la disminución de la acidez (Keller et al., 2010). Se puede apreciar el 1998 con muy pocos días con altas temperaturas, y en el extremo, están los años 1997, 2007 y 2011 con veranos muy calurosos (Figura 3.7.4)

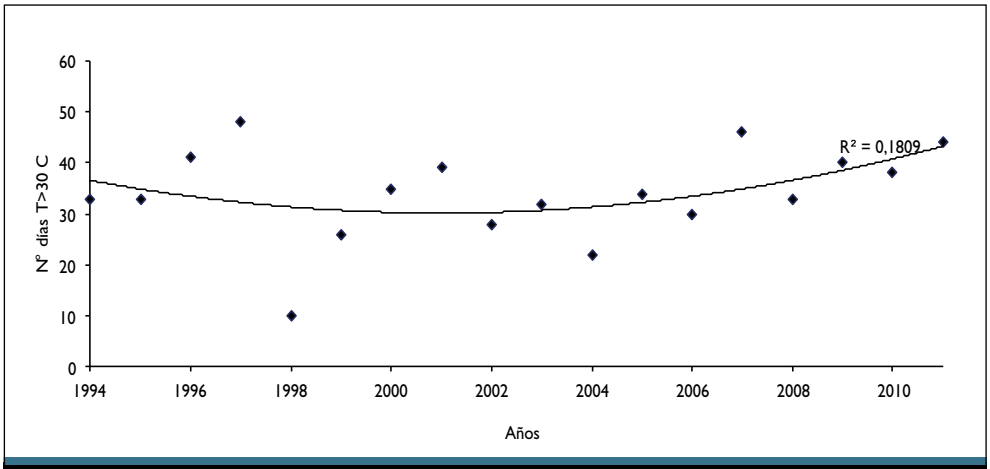


Figura 3.7.4. Número de días con temperatura mayor a 30° C para el período 1994-2011

Componente Hídrica

En cuanto a la componente hídrica, se analizan las precipitaciones acumuladas (mm) durante todo el año y el número de días con lluvias (Figura 3.7.5). Para el período estudiado, se destacan años con precipitaciones cercanas a los 1500 mm y más de 100 días con ocurrencias de lluvias. El 2011 fue un año con muchos días de ocurrencias de lluvias pero de baja intensidad.

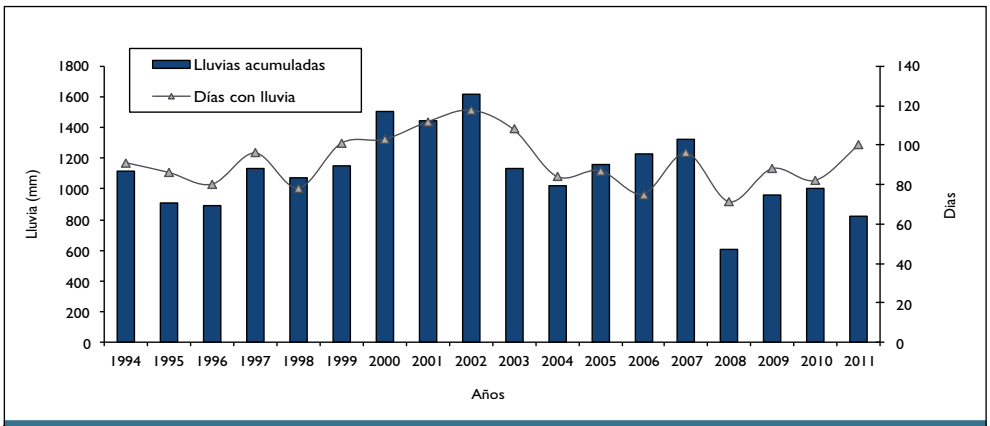


Figura 3.7.5. Precipitaciones acumuladas (mm) y número de días con lluvias durante el ciclo del cultivo para el período 1994-2011

Al observar las precipitaciones durante el ciclo del cultivo, se pueden distinguir los años más lluviosos de los más secos. Es muy importante saber la distribución de las precipitaciones durante el ciclo, ya que las lluvias durante el período de enero a marzo no son favorables para una correcta maduración (Van Leeuwren ***et al.***, 2004). Ejemplos extremos son los encontrados en los años 2010 y 2011, en los cuales la acumulación de lluvias durante enero hasta la cosecha fue de 132 mm y 67 mm respectivamente.

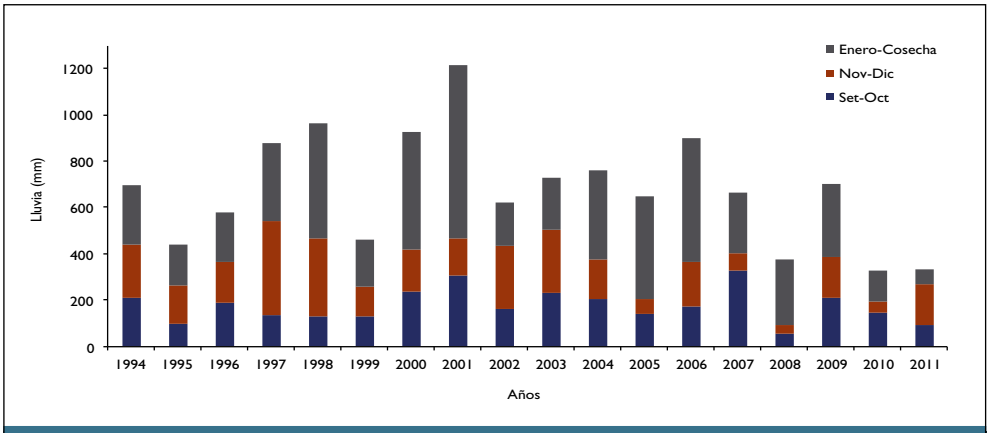


Figura 3.7.6. Precipitaciones acumuladas (mm) durante el ciclo del cultivo según períodos críticos, para el período 1994-2011

Análisis de la variabilidad del rendimiento

Para ilustrar la variabilidad del rendimiento anual, se presenta la evolución de una serie de años totales de INAVI y de las parcelas de ensayo de la FAGRO que serán utilizadas para analizar el "efecto año" (Figuras 3.7.7 y 3.7.8).

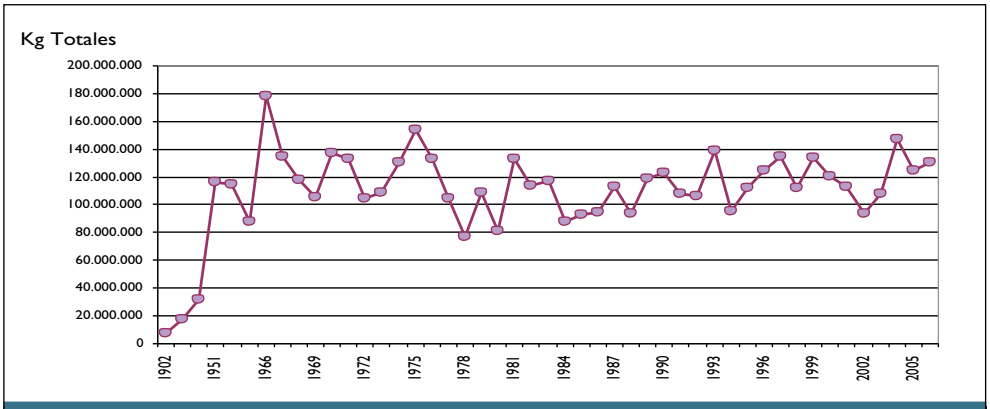


Figura 3.7.7. Evolución del Rendimiento total nacional en kilos. Fuente: INAVI, 2006

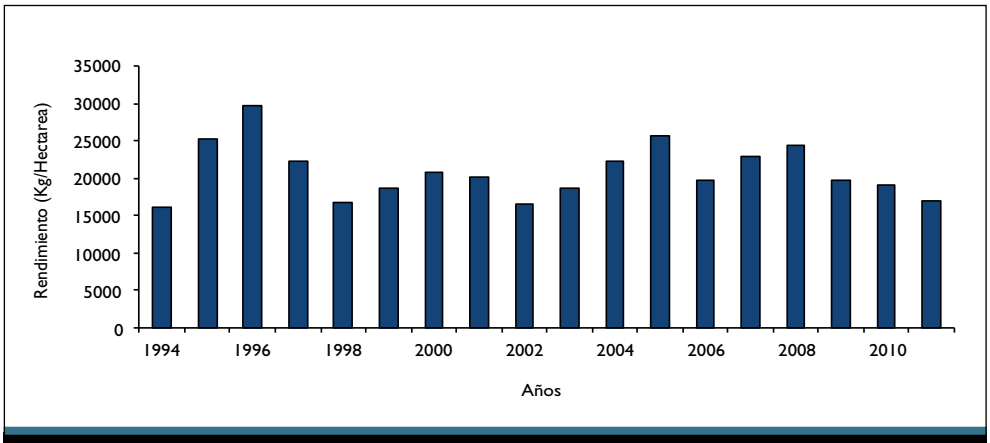


Figura 3.7.8. Rendimiento por hectárea del cv. Tannat de las parcelas de ensayos Facultad de Agronomía – Viticultura

Evolución de la composición de la uva en cosecha

Para observar la evolución de la composición de la uva de Tannat en los últimos 18 años, se muestran los resultados de los contenidos en acidez (g H_2SO_4/l), sólidos solubles (g/l) y pH de uvas de Tannat al momento de la cosecha (Figura 3.7.9).

Las composición acídica de las uvas se explican por la presencia de los ácidos tartárico y málico mayormente (representan más del 90% de los ácidos de la uva), y son sintetizados principalmente en las bayas. Los ácidos descienden su concentración durante la maduración, lo que depende del ácido y sucede por diferentes mecanismos. El ácido málico es activamente metabolizado durante la maduración, como sustrato del proceso de respiración. Este último proceso de respiración, muy dependiente de la temperatura, es el que determina la composición final en ácidos débiles en uvas (ácido málico). En contrapartida, la disminución en la concentración en ácido tartárico es debida, principalmente, a dilución y salificación (principalmente con potasio) (Bergquist et al., 2001).

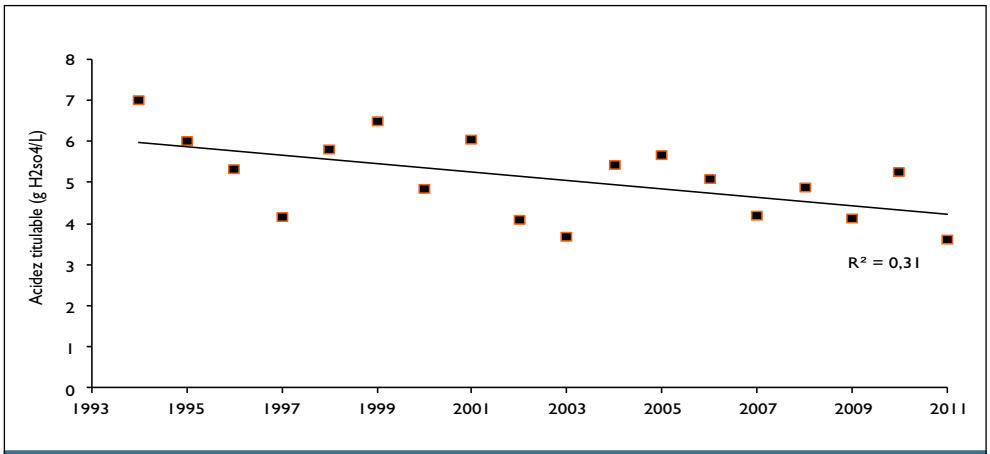


Figura 3.7.9. Evolución de la acidez titulable (g H2SO4/L) en uvas de Tannat durante el periodo 1994 a 2012

La evolución de la acidez titulable al momento de la cosecha presentó una tendencia significativa a disminuir (R^2 = 0,31; p = 0,0164), tal como indican otros autores (Lebon, 2002; Duchêne y Schneider, 2005; Bock et al., 2011). Cuando se observan los desvíos con respecto a la media, se puede constatar la tendencia a la baja.

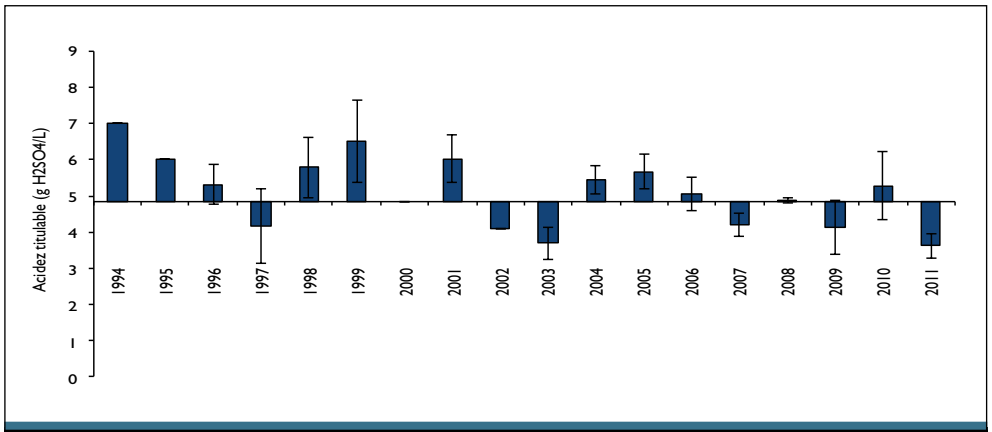


Figura 3.7.10. Variación de la Acidez titulable de la uva de Tannat en relación a la media (4,85 gH2SO4/L) para el período 1994-2011

La evolución del contenido de sólidos solubles (g/L) muestra la variabilidad de este componente que depende del año. Para este compuesto, no se encuentra ninguna tendencia (R^2 = 0,01; p = 0,766), como muestran otros trabajos con tendencia a un aumento de este compuesto (Lebon, 2002; Duchêne y Schneider, 2005).

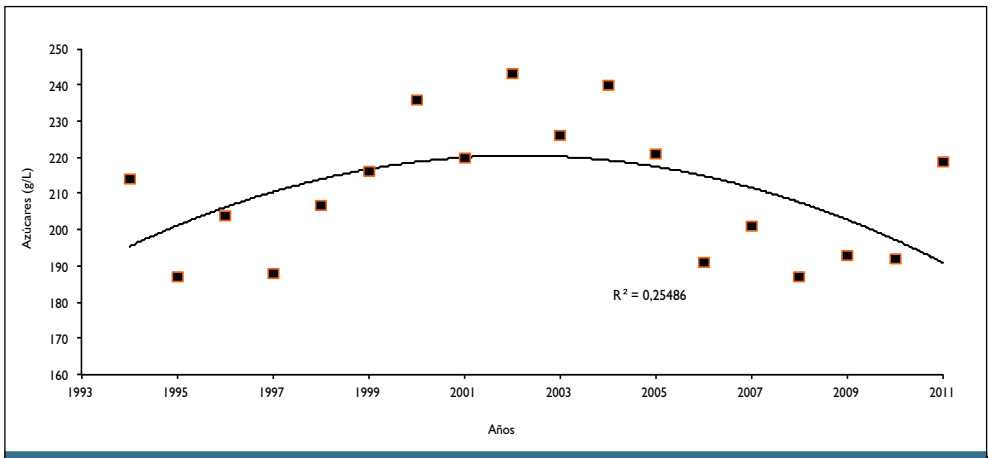


Figura 3.7.11. Evolución de los sólidos solubles (g/L) en uvas de Tannat durante el periodo 1994 a 2011

El desvío de sólidos solubles en función a la media, muestra la gran variación de este compuesto para el mismo año (variabilidad dentro de los productores). A su vez, se observan claramente ciclos de baja acumulación de azúcares, contra un grupo de años de mayor acumulación (años del 1999 a 2005).

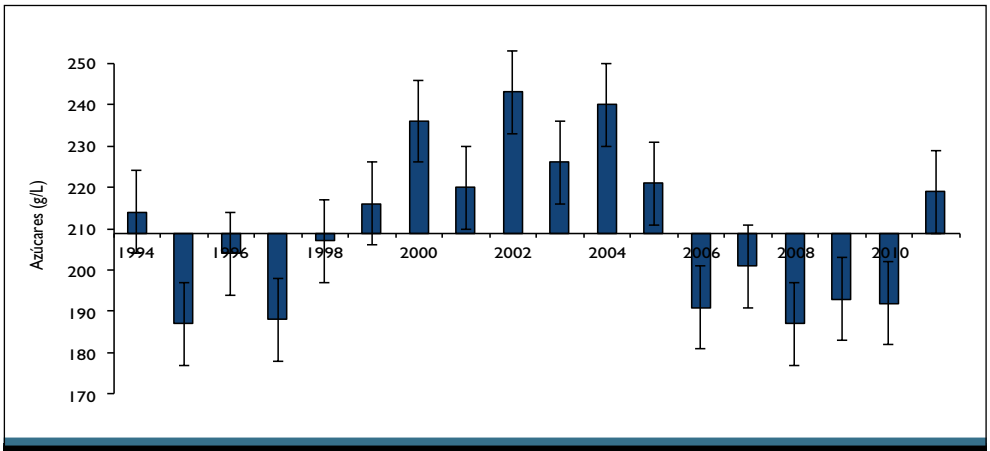


Figura 3.7.12. Variación de los Sólidos solubles de la uva de Tannat en cosecha en relación a la media de 209 g/L para el período 1994-2011

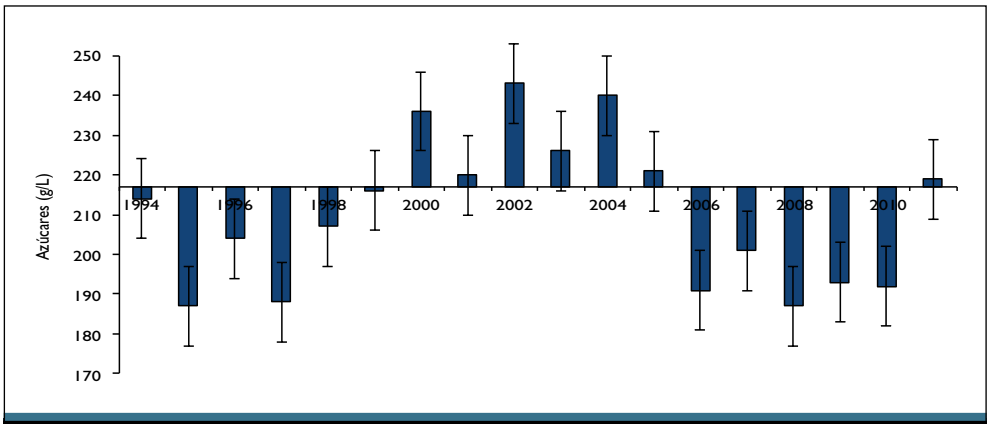


Figura 3.7.13. Variación de los Sólidos Solubles de la uva de Tannat en cosecha en relación al valor de 217 g/L para el período 1994-2011

En las figuras 3.7.12 y 3.7.13 se muestran los desvíos en sólidos solubles finales de uvas Tannat en relación al promedio del período (209 g/L) y en relación al valor mínimo de sólidos solubles a alcanzar para elaborar un vino de categoría VCP (217 g/L).

El valor de 180 g/L de sólidos solubles en uva equivalen a 10 % v/v de alcohol potencial, que es el valor mínimo para la elaboración de vino. En todos los años de la serie se alcanzó ese valor. Sin embargo, si se considera que el producto a realizar será comercializado como VCP., las exigencias están en el entorno de los 12 % v/v que corresponde aproximadamente a 217g/L. Para la mayoría de los años no se alcanzan valores necesarios de azúcares.

La variación del pH en uvas de Tannat no es muy elevada, debida mayormente a que su valor es una de las variables que determinan el momento de cosecha (R^2 = 0,05; p = 0,403).

Para la variedad Tannat valores de pH en torno a 3,3 - 3,4 son utilizados como decisión de cosecha bajo un criterio de índice de madurez tecnológica.

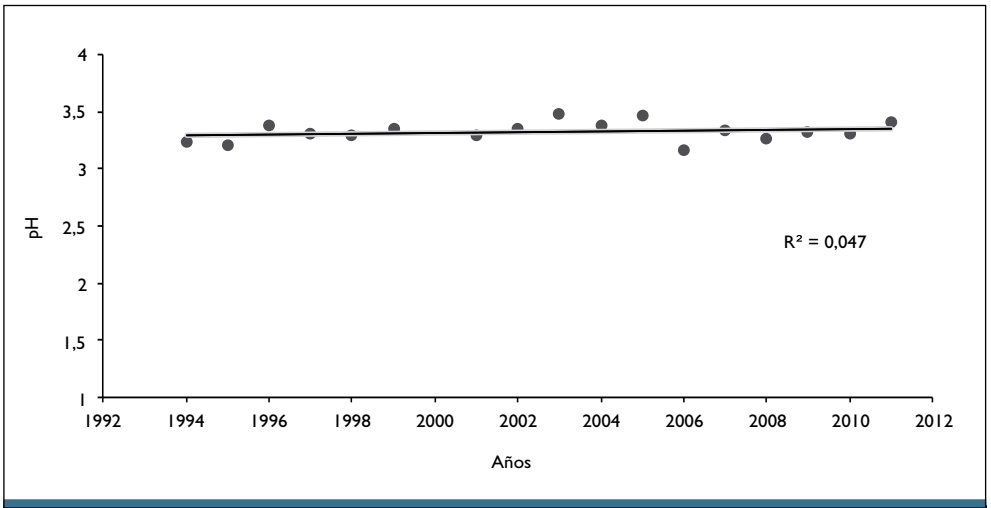


Figura 3.7.14. Evolución del pH en uvas de Tannat durante el período 1994 a 2012

Un pH muy elevado del mosto es negativo al momento de la vinificación por una posible inestabilidad microbiológica, inestabilidad de color, condiciona la eficiencia de los aditivos (anhídrido sulfuroso) y también a nivel sensorial (vinos poco ácidos). Esta situación conlleva muchas veces a realizar mayores correcciones a nivel de bodega. Ejemplos de estas situaciones son los valores de pH alcanzados los años 2003 y 2005.

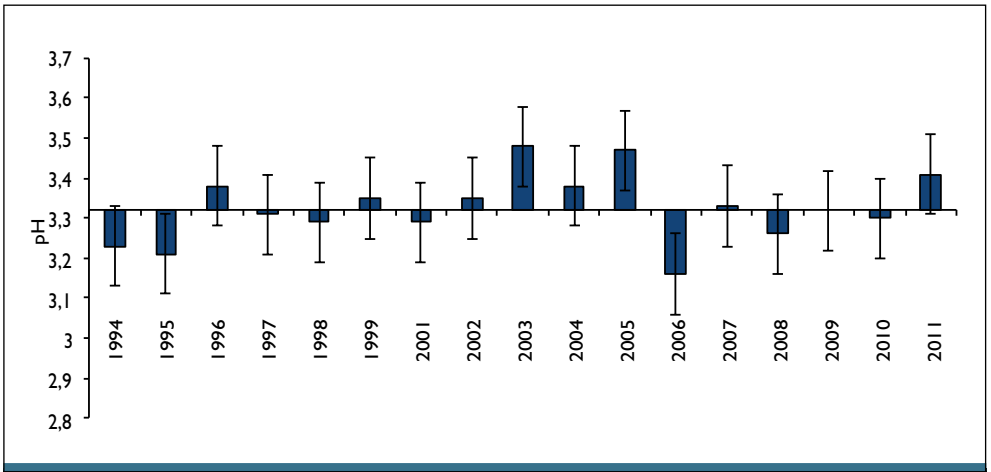


Figura 3.7.15. Variación del pH de la uva de Tannat según la media de 3,32 para el período 1994-2012

Los tenores en antocianos en las uvas tintas son fundamentales en determinar la calidad de sus vinos ya que determinar el color. El balance y la degradación de estos compuestos están determinados, entre otros factores por las condiciones térmicas del año. En la Figura 3.7.16 se pueden diferenciar años de alto tenor en estos compuestos (2002) en relación al 2008. Esta diferencia entre años significa el valor del vino, que en el 2002 alcanzó una calidad excepcional.

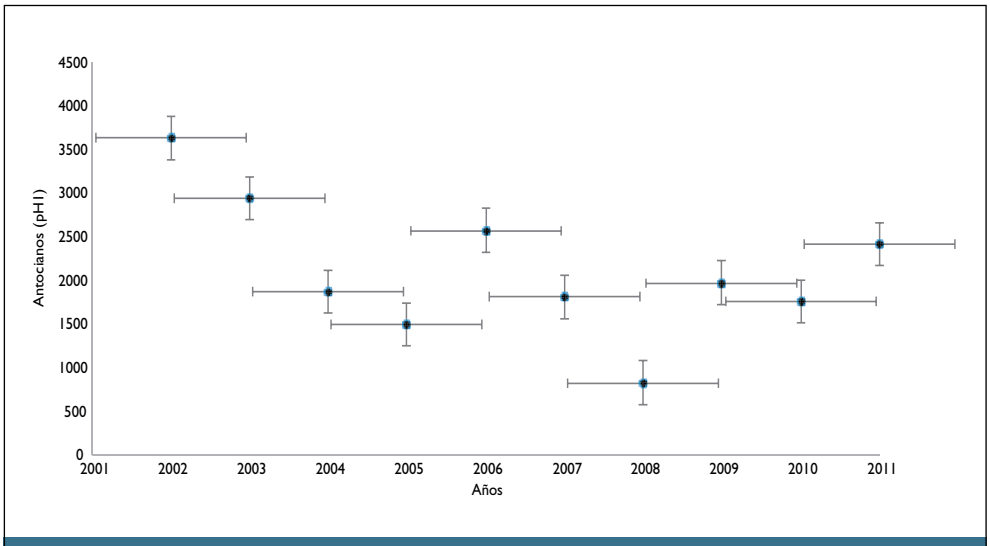


Figura 3.7.16. Evolución y variación de los Antocianos de las uvas de Tannat durante el periodo 2002 a 2011

Análisis de la relación clima - vid

Huglin y Schneider (1998) y Zorer et al. (2005), demuestran la correlación existente entre la temperatura y los sólidos solubles, utilizado para regionalizar del punto de vista de la acumulación de azúcares y por lo tanto la potencialidad de madurar la uva en Europa (Roiu, 1994). Ferrer (2007) determinó una correlación de $R^2 = 0,70$ entre el IH y el contenido de sólidos solubles de uvas Tannat, Cabernet Sauvignon y Merlot provenientes de los diferentes departamentos del Uruguay. Las relaciones entre el contenido final de sólidos solubles de la uva y el IH ($R^2 = 0,11$; $p = 0,172$) muestran que no se mantiene la correlación citada por estos autores.

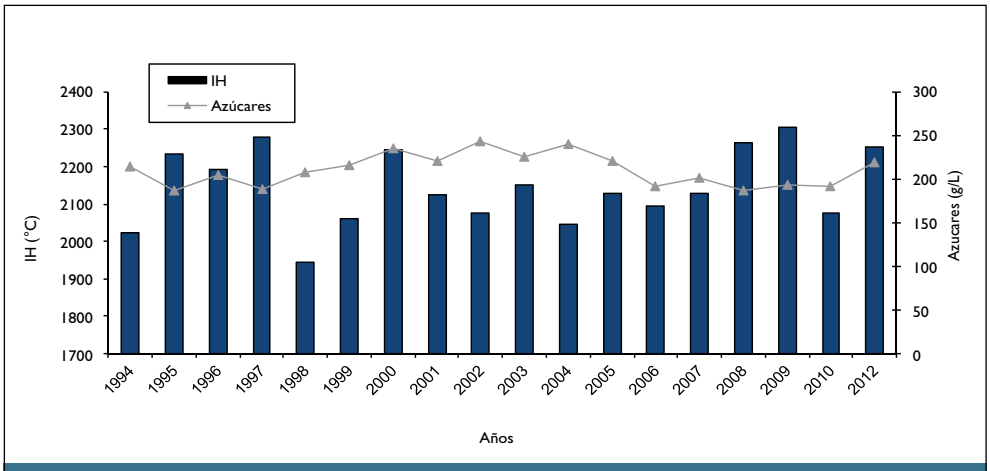


Figura 3.7.17. Evolución del Índice Heliotérmico de Huglin (IH) y el contenido de azúcares (g/L) de la uva para el periodo 1994-2011

En la Figura 3.7.17 se puede observar el efecto de la temperatura del mes más cálido en el tenor en antocianos. De acuerdo con Mori et al (2007) temperaturas elevadas significan que el balance en antocianos es negativo por la degradación de estos compuestos a altas temperaturas. En la misma gráfica se puede observar que los rangos en que estos compuestos son sensibles son muy estrechos. Cualquier aumento en la temperatura significa una disminución de estos compuestos. La falta de color en los vinos como consecuencia de esta disminución, no puede ser corregida en bodega.

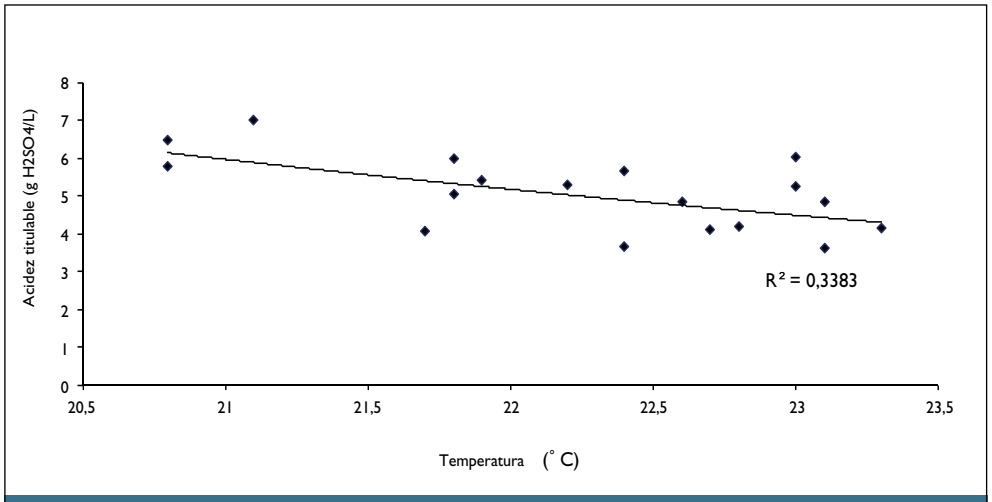


Figura 3.7.18. Evolución de la acidez titulable en función de la temperatura en el período de maduración

En la Figura 3.7.18 se puede observar la tendencia a la disminución del contenido final de acidez cuando las temperaturas en el período de maduración son elevadas. Ello se determinó en el trabajo de Sadras y Petrie (2011) quienes concluyen que el cambio de la composición de la uva en cosecha se explica al adelanto de la maduración.

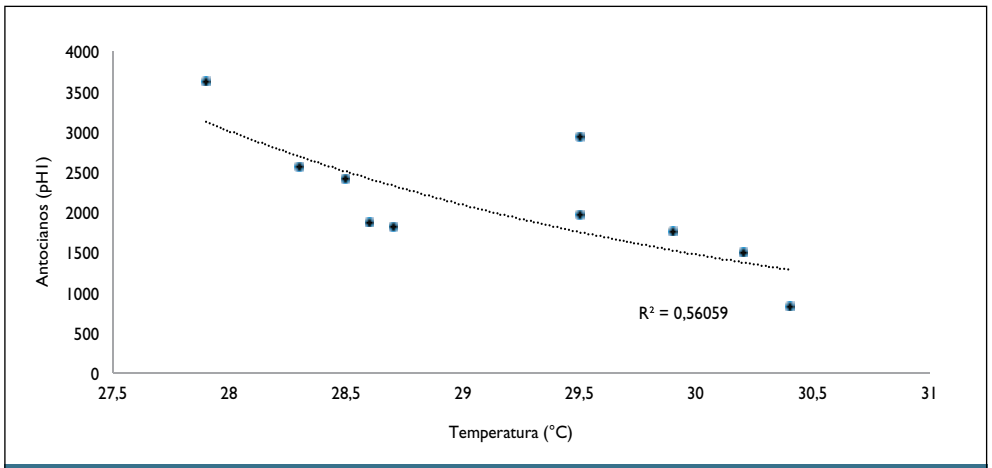


Figura 3.7.19. Evolución del tenor en antocianos en función de la temperatura del mes más cálido (Enero)

Cluster variables clima y de la vid

El análisis de clusters es utilizado como método exploratorio de datos obteniéndose así un mayor conocimiento sobre la estructura y el relacionamiento entre las variables en estudio. Cabe aclarar que el proceso de agrupamiento conlleva una pérdida de información, pero esta manera de agrupar los datos facilita la visualización entre las variables.

Se presenta un cluster relacionado a través de las variables de clima estudiadas y agrupadas según el año. De dicho cluster se observa que el año 1998 se separa del resto de los años en estudio.

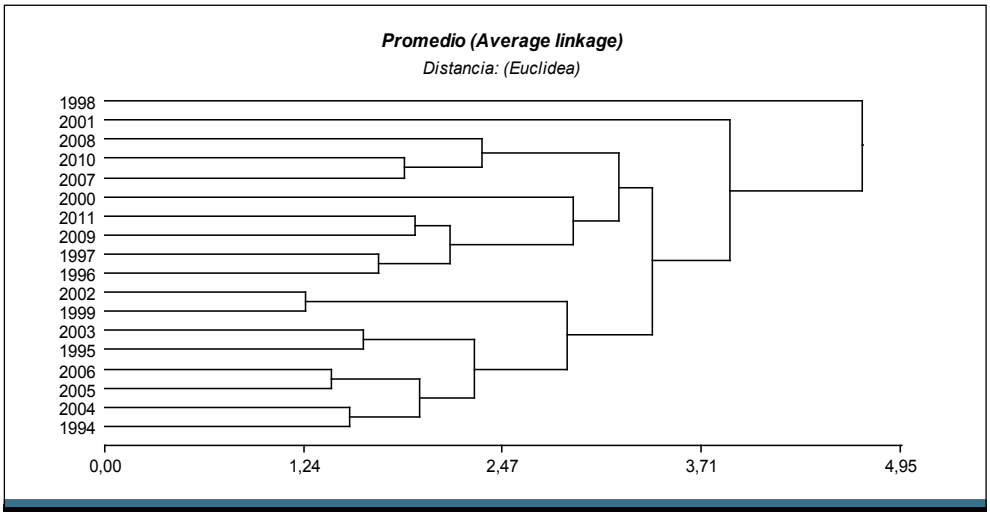


Figura 3.7.20. Dendrograma con las variables del clima

Para evaluar qué variables climáticas tienen mayor peso y estarían explicando ese agrupamiento diferencial, se compara lo sucedido en el 1998 con respecto a otros años que se agrupan de forma diferente (1999 y 2002). En este sentido se detallan índices, temperaturas y la relación entre el rendimiento de la producción de fruta y madera (IR) y el peso de la baya (Tabla 3.7.1).

Tabla 3.7.1. Comparación entre variables de clima entre años contrastantes

Años	GD (°C)	IH (°C)	IF (°C)	Mes más cálido –Enero (°C)	N° días T°>30 Durante la maduración	N° días con precipitaciones de maduración a cosecha	Volumen de precipitaciones de maduración a cosecha (mm)
1998	1467,6	1942,0	16,03	26,32	10	21	497,6
1999	1523,1	2060,8	15,87	26,48	26	30	203,4
2002	1610,5	2077,4	16,24	27,33	28	34	186,8

Tabla 3.7.2. Comparación entre variables de la vid entre años contrastantes

Años	Azucares (g/L)	Acidez (gH2S04/L)	pH	Rendimiento (kg/ha)	IR	Peso de la baya (g)
1998	207	5,79	3,29	16719	6,31	1,08
1999	216	6,5	3,35	18699	10,79	1,81
2002	243	4,1	3,35	16621	8,03	1,89

Se verifican diferencias de años, explicadas mayormente por variaciones en temperatura (GD, IH y también número de días con temperaturas mayores a 30°C) y a la acumulación y número de días con precipitaciones. En estos años contrastantes se observaron diferencias en la acumulación de azúcares en cosecha y en el peso final de la baya.

Las precipitaciones y la temperatura, tienen un efecto sinérgico sobre la evolución de la acidez y sobre el pH del fruto. La temperatura elevada provoca la aceleración de degradación de los ácidos, en tanto que las lluvias generan su dilución como consecuencia del agrandamiento del fruto debido a la entrada de agua o por la mayor absorción de potasio (Fregoni, 1999; Hunter y Bornnardot 2002; Conde ***et al.*** 2007). Según Rouchard (2003) el componente hídrico es el factor más pertinente para explicar la composición en ácido málico de la uva y éste se utiliza para diferenciar el "efecto año y sitio".

Mayores temperaturas determinan mayor transpiración que ocasionan una mayor translocación de azúcares hacia el fruto y a su vez, se produce una concentración de compuestos por pérdida de agua, lo que estaría explicando entre otras cosas, un aumento en la concentración de azucares (Dokoozlian ***et al.***, 2001; Wang ***et al.***, 2003; Jones ***et al.***, 2005; Greer, 2012). Sin embargo, Coombe (1987) muestra como la concentración de azúcares se puede ver afectada por temperaturas extremas, viéndose mayor efecto de temperaturas extremas en la acidez que en los sólidos solubles, como se muestra el resultado del estudio.

Se representa un cluster que muestra como se agrupan los años según las variables productivas y de composición del cultivo.

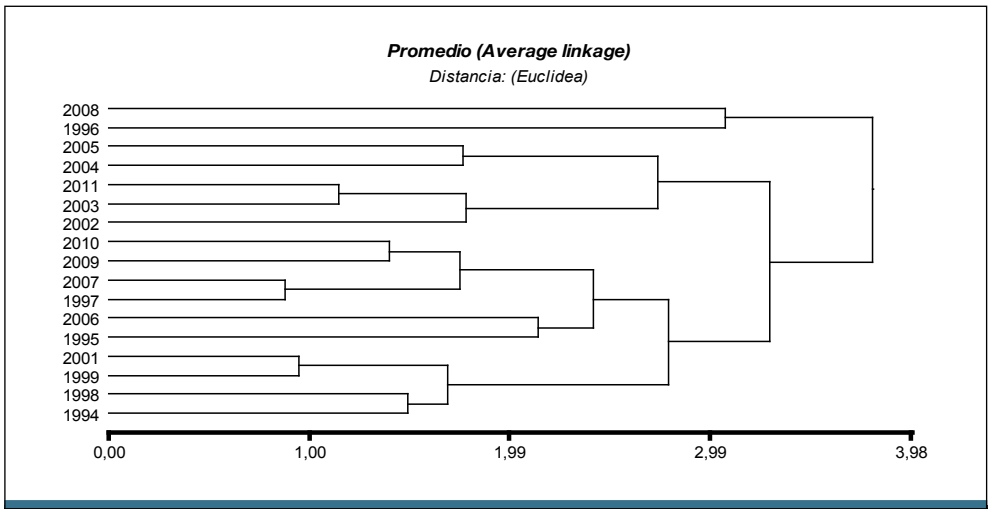


Figura 3.7.21. Dendrograma con las variables productivas y de composición de la vid

Para comprender qué variables del cultivo son las que explican este agrupamiento entre años se comparan los años 1996 y 2008 (similares entre sí) y 1998 que está en el extremo, el resto de los años de la serie se expresan los valores en promedio.

Tabla 3.7.3. Comparación entre variables del cultivo

Años	Azúcares (g/L)	Acidez (gH2S04/L)	pH	Rendimiento (kg/ha)	IR	Peso de la baya (g)
Media 1996 – 2008	195,5	5,1	3,32	26997	19,8	1,44
1998	207,0	5.8	3,29	16719	6,30	1,08
Resto	211,8	5,2	3,30	20040	9,50	1,70

Tabla 3.7.4. Comparación entre variables del clima para los mismos años

Años	GD (°C)	IH (°C)	IF (°C)	Mes más cálido – Enero (°C)	N° días T°>30 Durante la maduración	N° días con precipitaciones de maduración a cosecha	Volumen de precipitaciones de maduración a cosecha (mm)
Media 1996 – 2008	1661,9	2228,0	16,5	29,0	37,0	22,5	247,5
1998	1467,6	1942,0	16,0	26,3	10	21	497,6
Resto	1592,0	2115,4	16,4	28,3	33,1	23,8	317,3

Al analizarse los años según las variables del cultivo, se desprende que las variables correspondientes a la composición de la uva (azúcares y acidez), como también las variables de rendimiento (IR) son las que más discriminan los años, siendo importante la variación del rendimiento por hectárea. El año 1998 es el más fresco (temperaturas diurnas y nocturnas más bajas y menor número de días con temperatura > a 30°C) y lluvioso, lo que explica el menor rendimiento, mostos más ácidos y bayas mas chicas. En el opuesto, 1996 y 2008 son años cálidos (temperaturas diurnas y nocturnas más altas y mayor número de días con temperatura > a 30°C) y con déficit hídrico durante la maduración. El conjunto de estas condiciones explicarían el tenor bajo en azúcares por una detención de la fotosíntesis y un rendimiento importante con un menor crecimiento vegetativo, el que se puede evaluar por el valor del Índice de Ravaz (IR).

3.7.4. Factores principales que determinan la sensibilidad y matrices de sensibilidad

El efecto del adelanto de la maduración, provoca un cambio en la composición de las uvas en cosecha. El resultado más significativo se observa en la acidez final de la uva, lo que nos interpela a cambios en la gestión de la vinificación.

Se diseñaron las matrices para evaluar sensibilidad del cultivo de la vid según las amenazas climáticas que más afectan al cultivo: altas temperaturas, heladas y lluvias de verano.

Factores principales que determinan la capacidad adaptativa y matrices de capacidad adaptativa

En este caso, la capacidad adaptativa del predio se relaciona con:

- el contar o no con asesoramiento técnico
- nivel de acceso a medios de comunicación
- adopción de tecnologías
- tipo de explotación, dividiéndolos en familiar y empresarial

3.7.5. Opciones priorizadas para reducir la sensibilidad y aumentar la capacidad adaptativa

Cuando se observa la matriz socio-económica, se puede destacar que las situaciones más sensibles se constatan en los predios sin asesoramiento, con poco acceso a la información y con poca o nula capacidad de adoptar tecnologías.

Una forma de reducir la vulnerabilidad en estos casos, puede llegar a ser el agrupamiento de productores, en donde por lo general se cuenta con profesionales, lo que facilita el relacionamiento el acceso a información actualizada de las diferentes técnicas de cultivo, tendientes a gestionar de forma racional el uso de los recursos disponibles.

3.7.6. Comentarios finales

En el cultivo de la vid, se pudo analizar en base a la información generada de los ensayos de la FAGRO de los últimos quince años (tres predios comerciales de Canelones), y se determinó una tendencia, para la variedad Tannat, de un período de maduración más corto y a obtener valores más bajos en la acidez titulable en cosecha. Este parámetro de la composición está fuertemente asociado de forma negativa con la temperatura y positiva con las precipitaciones. El efecto del adelanto de la maduración, provoca un cambio en la composición de las uvas en cosecha. El resultado más significativo se observa en la acidez final de la uva, lo que nos interpela a cambios en la gestión de la vinificación.

Estos cambios significan un interesante aporte a la reflexión de técnicas de cultivo asociadas a las condiciones del año y más puntualmente en el período de maduración. Elevadas temperaturas que pueden afectar la composición final de la uva, deben ser gestionadas a nivel de la canopia ya que se dispone de técnicas del cultivo que pueden favorecer las condiciones del microclima.

Se recomienda, como existen en la mayoría de los países vitícolas, la instrumentación de un "Observatorio Vitícola" que permita anualmente relevar la información climática y de cultivo que tenga por objetivo realizar recomendaciones para mitigar algunos de los efectos adversos a través de la instrumentación técnicas de cultivo en el viñedo o de elaboración en bodega. En los países donde existe un Observatorio la responsabilidad está a cargo de instituciones públicas en asociación con grupos de productores.

Una segunda recomendación es instrumentar seguros vitícolas. Este seguro vitícola debería incluir la sanidad, en particular las pérdidas causadas por "pudriciones de racimos", ya que ocurren próximas a cosecha, afectan la calidad del vino y son altamente dependientes de las condiciones ambientales.

4

Impacto macroeconómico de las sequías y del fenómeno El Niño-Oscilación Sur

Elaborado por Centro Interdisciplinario de Respuesta a la Variabilidad y el Cambio Climático

Autora: Paula Cobas, investigadora CINVE

MENSAJES CLAVE

- Tomando como referencia los impactos sobre la producción identificados para cada sector de actividad estudiado, es posible cuantificar las pérdidas o ganancias potenciales a nivel de cada sector. Para ello, se recurrió a la última información disponible sobre niveles de producción, áreas cultivadas y precios de los productos relevantes.
- La metodología de análisis se basa en la utilización de multiplicadores lineales de la producción y del valor agregado, lo cual permite captar la dinámica del impacto de un cambio exógeno, sobre la economía en su conjunto. La presente evaluación constituye un aporte respecto a las estimaciones agregadas a nivel de la economía del impacto del cambio climático, las cuales ocultan importantes heterogeneidades a nivel de sectores de actividad, que limitan la posibilidad de realizar abordajes específicos para su mitigación.
- En este sentido, el efecto de la sequía identificado sobre la actividad de ganadería y de lechería es negativo y su estimación específica alcanza los 135 millones de dólares en el primer caso y 38 millones de dólares en el segundo, al año.
- El evento Niño genera efectos positivos en la producción de maíz, trigo y soja, que se estima en 598 millones de dólares al año, en tanto que genera un efecto negativo en los rendimientos del arroz, con pérdidas de producción estimadas en 9,6 millones de dólares al año. En tanto que el evento Niña genera efectos negativos en los cultivos de maíz, trigo y soja estimados en 260 millones de dólares, y un aumento de la producción de arroz estimado en 62,2 millones de dólares anuales.
- Aún más significativos resultan los impactos sobre la economía global. Los shocks sobre la producción se propagan dentro del propio sector y hacia otros sectores, generan efectos a nivel de producción, afectan la remuneración de los factores productivos, inciden en la distribución del ingreso de los hogares y afectan la generación o destrucción de puestos de trabajo.

4.1. Introducción

El cambio climático genera efectos a nivel de rendimiento y producción en el sector agropecuario, debido a la ocurrencia de eventos extremos: sequías, aumento en frecuencia de precipitaciones, heladas tempranas e incrementos de temperatura. Los eventos climáticos relevantes, al igual que el canal de transmisión hacia el rendimiento de la producción, varían según se trate de actividades de ganadería, lechería o cultivos. No obstante, en todos los casos, los eventos constituyen un shock externo, que afecta la evolución de la actividad, los resultados físicos y económicos, y en función de ello, las decisiones futuras que tomarán los agentes para optimizar la producción.

El impacto de dichos eventos climáticos genera un escenario alternativo para el sector y, a través de los vínculos con otros sectores productivos, para la economía en general. Por tanto, la valorización económica de dicho efecto requiere considerar el impacto que a partir del sector agropecuario se genera en la economía en su conjunto. Para ello, es necesario tomar en consideración el efecto directo sobre el propio sector agropecuario, al igual que sobre otros sectores de actividad, mediante sus encadenamientos productivos. A su vez, es preciso considerar que el impacto no recae únicamente sobre la producción, sino que se traducen en cambios en la distribución del ingreso y en el valor agregado generado en la economía.

Pese al hecho de que los sectores agropecuarios se caracterizan por tener baja participación relativa en el PBI y en el empleo, éstos presentan encadenamientos significativos con otros sectores, particularmente hacia adelante. En este sentido, más de la mitad de la producción agropecuaria tiene como destino la utilización intermedia en procesos productivos. No obstante, cabe señalar que al interior del sector se esconden disparidades importantes, en relación a su capacidad de contribuir al PIB, de generar empleo, y de afectar la distribución del ingreso de los hogares.

Para evaluar el impacto económico de los shocks originados por el cambio climático sobre la producción de los sectores agropecuarios bajo estudio, se utiliza el enfoque de multiplicadores lineales, que permiten captar la dinámica del impacto de un cambio exógeno, sobre la producción, el ingreso y su distribución entre los hogares, la estructura de gasto de las instituciones y el empleo, entre otros.

4.2. La importancia del sector agropecuario en la economía nacional

El sector primario comprende a las actividades vinculadas a la agricultura (cultivos, servicios agrícolas), la ganadería (cría de animales, servicios ganaderos) y la silvicultura (extracción de madera y actividades conexas). Históricamente ha sido un sector de relevancia a nivel nacional, debido principalmente a su vínculo con la con otros sectores productivos y a su participación en el comercio de exportación.

Al cierre del año 2011, el producto bruto agropecuario alcanzó los 3900 millones de dólares y consolidó tasas de crecimiento positivas superiores al 20 % desde el año 2009 (DIEA, 2012). Durante la última década, la participación del sector primario en el PIB ha promediado un 8,4 %, si bien se ha verificado una leve tendencia descendente en los últimos tres

años. Cabe señalar que al cierre del 2011, la producción del sector agropecuario alcanzó a representar un 6,7% del PIB total.

La participación de los subsectores que componen al sector primario ha mostrado cierta estabilidad a lo largo de la década. En este sentido, la agricultura ha tenido una participación promedio de 27% en el valor de producción del sector primario, variando entre 23% en el año 2000 y 32% en el año 2011. La ganadería por su parte, ha variado su participación en dicho período entre un máximo de 71% alcanzado para el año 2001 y un mínimo de 64,4 % en el 2003, promediando en el período 2000-2011 una participación de 65%. Finalmente, la participación de la silvicultura se ha mantenido en el entorno del 7,5% de participación en el sector.

El sector agropecuario presenta fuertes encadenamientos productivo hacia adelante, ya que cerca del 60% de la producción se destina al consumo intermedio de otros sectores productivos, en particular el sector ganadero, en tanto que el 11,4% del producto tiene como destino la exportación (Terra et al., 2009).

Tabla 4.1. Evolución de producción del sector agrícola y pecuario. Millones de dólares corrientes

	2009	2010	2011
Sector Agrícola	2176,3	227,4	2996,4
Soja	740,8	991,8	1150,4
Trigo	503	331,5	627,2
Arroz	299,8	398,7	425,1
Sector Pecuario	1683,7	2312,2	3066,6

Nota: sector pecuario incluye la producción de leche y lácteos elaborados en predio
Fuente: Anuario Estadístico Agropecuario 2012 (DIEA)

En relación a las exportaciones agropecuarias, su importancia en el total de las exportaciones ha mostrado una tendencia creciente a lo largo de la década. Las exportaciones agrícola-ganaderas han pasado de valores próximos al 7% de las exportaciones totales a inicios de la década del 2000, medidas en dólares corrientes, a un máximo de 24,3% del total exportado en el año 2012. Esta tendencia alcista se explica en parte por el crecimiento de los precios internacionales de los ***commodities*** primarios verificados en la década pasada, cuyo efecto no se reduce solamente al incremento en el valor exportado, sino que ha generado fuerte incentivo sobre la oferta del sector. El empleo generado por el sector se estima en 157 000 puestos de trabajo agropecuarios, representando aproximadamente el 9% de los puestos de trabajo generados a nivel nacional. La mayor participación del empleo se encuentra asociada a la producción de cultivos agrícolas.

4.3. Metodología de evaluación de impacto económico

Consideraciones metodológicas generales

La cuantificación del impacto económico del cambio climático busca identificar una línea base de trayectoria de las actividades económicas, la cual se compara luego con las trayectorias proyectadas que incluyen los impactos del cambio climático, tanto en el crecimiento sectorial como del conjunto de la economía. Las diferencias entre estas dos trayectorias representan las consecuencias económicas del cambio climático. Los impactos del cambio climático son múltiples y heterogéneos, y sobre ellos existe un alto nivel de incertidumbre en cuanto a sus canales de transmisión y su alcance. Además, debe recordarse que las estimaciones de los efectos del cambio climático sobre las actividades económicas dependen esencialmente de los supuestos acerca de los escenarios climáticos, de los sectores considerados, de la metodología de valoración económica y del horizonte temporal.

Sin embargo, existe consenso en cuanto a que a la hora de evaluar el impacto en términos económicos, es necesario tomar en consideración que el impacto no recae únicamente sobre la producción, sino que se traducen en cambios en la distribución del ingreso y en el valor agregado generado en la economía. Para cuantificar los efectos directos e indirectos generados por una actividad productiva, existen varias técnicas, cuya aplicabilidad depende de la información estadística disponible sobre la actividad y sobre las condiciones del entorno que inciden en su desarrollo. La cantidad, frecuencia y calidad de la información estadística disponible, limitan las técnicas de evaluación de impacto pasibles de ser aplicadas.

Una metodología de análisis ampliamente utilizada, se basa en el uso de Matrices de Insumo Producto (MIP) y Matrices de Contabilidad Social (MCS). Las MIP representan el equilibrio entre la oferta y la utilización de bienes y servicios de la economía, en un momento determinado, proporcionan información detallada sobre la utilización intermedia, el valor agregado, la oferta y la demanda final, mediante un conjunto de coeficientes técnicos. Las MCS incorporan, a la información contenida en la MIP, lo relativo a la remuneración de factores productivos e ingresos de los hogares y fiscales. Los modelos de multiplicadores lineales se construyen a partir de transformaciones de las ecuaciones que componen la MCS.

Una primera aproximación a los efectos de un shock sobre una actividad productiva está dada por los encadenamientos productivos. Éstos pueden ser directos, los cuales miden la relación existente entre las distintas actividades de producción y distribución, en una primera instancia, sin tener en cuenta las sucesivas compras necesarias para completar el ciclo de un producto. Sin embargo, recoge la mayor parte de los encadenamientos que se pueden visualizar con los coeficientes de la MIP. Pueden encontrarse encadenamientos hacia atrás, que miden las compras intermedias de origen nacional de un sector, o encadenamientos hacia delante, que miden las ventas por consumo intermedio.

Para visualizar la interdependencia sectorial de los encadenamientos en el global de la economía, deben considerarse a su vez los encadenamientos indirectos. Como aproximación a la cuantificación de efectos directos e indirectos, se utiliza el concepto de "poder de dispersión", que recoge el estímulo potencial sobre la economía de un incremento en la demanda final de productos nacionales proveniente de un sector determinado y consideran los efectos sucesivos en las distintas ramas de actividad. En base a este concepto, se estima el "efecto difusión" que es aquel generado por un shock sobre un sector particular, sobre el total de la economía, mediante encadenamientos hacia atrás, y el "efecto absorción", que recoge los efectos de oferta en base a encadenamientos hacia adelante (Ramussen, 1963; tomado de Terra, 2009).

De esta forma captan la dinámica del impacto de un cambio exógeno, sobre la economía en su conjunto. De esta forma, una vez identificado el impacto sobre la producción que tiene el cambio climático sobre una rama de actividad, y cuantificado en unidades monetarias mediante la utilización de un sistema de precios, la aplicación de multiplicadores lineales, permite cuantificar el impacto sobre la producción, el empleo y la distribución del ingreso sobre toda la economía nacional.

Ventajas y limitaciones de metodologías basadas en MCS

La principal ventaja de la metodolgía radica en su simplicidad, al estar basada en datos estadísticos disponibles (si bien no siempre actualizados). A su vez, pese a dicha simplicidad, permite realizar un análisis comprensivo a nivel de producción, de valor agregado como

de generación de puestos de trabajo. Adicionalmente, esta metodología facilita el análisis comparativo entre distintos sectores productivos.

No obstante, la utilización de MCS implica realizar supuestos sobre el comportamiento de la economía. En particular, la MCS se compone de coeficientes fijos, tomados como referencia para un año base. Por tanto, el análisis no permite incorporar la dinámica en las decisiones de los oferentes y demandantes, frente a variaciones en su entorno, es decir frente a shocks que alteran los precios relativos, y por tanto las decisiones óptimas de oferta y demanda. En base a este supuesto, la utilización de metodologías basadas en MCS resulta adecuada para periodos de relativa estabilidad de precios[1]. En este sentido, se puede interpretar como el efecto primario o de corto-mediano plazo, en tanto que en el largo plazo, es preciso incorporar las modificaciones de carácter estructural que surgen de la evolución de las ecuaciones comportamentales de la economía.

Por otro lado, la MCS asume una única tecnología de producción por producto y rama de actividad. Es decir, que cada producto es producido por un único sector de actividad, utilizándose una composición de insumos intermedios y valor agregado determinado. En este sentido, la MCS realiza una simplificación de la actividad productiva. Cabe señalar, que en el caso del sector agropecuario, las tecnologías de producción pueden diferir considerablemente según las características propias del establecimiento y el tamaño como factores determinantes que limita el alcance de la estimación. Cabe mencionar que existe una estimación previa realizada por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), la cual realiza una evaluación desde una perspectiva económica de los efectos del cambio climático en Uruguay para el sector agropecuario. Se identificó como impacto del cambio climático un incremento en la productividad agrícola debido al aumento de la temperatura, que tendría efectos positivos sobre el sector por un período temporal, cuya extensión depende del empleo de técnicas de mitigación adecuadas sobre la utilización de los suelos agrícolas. Se estima un impacto a nivel agregado de la producción sobre el PIB, en base a un único efecto principal identificado del cambio climático: el aumento de temperatura (CEPAL, 2010). La metodología se diferencia de la utilizada en el presente estudio, ya que esta última focaliza en cada caso el principal factor de impacto relevante a la actividad bajo estudio y su efecto sobre la productividad. Por tanto, los resultados a los que arribó dicho estudio, no resultan estrictamente comparables a los presentados en la presente estimación.

4.4. Ganadería: identificación del impacto de la sequía en la producción

El evento climático de mayor relevancia en el sector pecuario a nivel de los establecimientos ganaderos es la sequía, la cual impacta directamente sobre la tasa de crecimiento de las pasturas, lo que afecta su disponibilidad y calidad, incidiendo en el peso y las condiciones del ganado, y en la tasa de preñez, y es esta última la variable de mayor relevancia. El efecto más agudo se verifica en los meses de mayor producción de pasto (primavera y verano).

Para determinar el impacto de este fenómeno se utilizó un modelo de simulación que permite analizar la interacción entre las pasturas, su tasa de crecimiento y la producción

1 Para captar el efecto sobre el comportamiento de los agentes, se requiere la utilización de modelos de equilibrio general.

animal, frente a escenarios alternativos del evento climático sequía. El modelo permite obtener como resultados indicadores productivos vinculados a la evolución del peso del ganado, condición corporal, resultado de preñez, evolución de la dotación y carga animal, asignación de forraje y eficiencia de cosecha.

Se identifica como un impacto clave de la sequía, su efecto sobre la eficiencia reproductiva del ganado, particularmente del ganado en lactancia, disminuyéndose entre un 4% sin lactancia y un 11% con lactancia la tasa de preñez (DIEA, 2006). Los productores actúan para mitigar el efecto de la sequía, mediante la compra de alimentos, o la venta de animales. La disminución en la tasa de preñez, desestabiliza al rodeo, extendiéndose sus repercusiones incluso un año después, lo que disminuye la cantidad de terneros disponibles y afecta por tanto, el precio del kilogramo ternero.

Existen otros efectos tales como aumento en mortandad del ganado, disminución de praderas artificiales y mejoramiento forrajero, que no se considera en el presente informe. No obstante, el impacto económico de los mismos es considerablemente menor, al efecto sobre la tasa de preñez y procreo[2].

Cuantificación del impacto económico específico

Para realizar una primera aproximación del impacto económico de la sequía sobre la actividad ganadera, se trabaja tomando como escenario de referencia los valores de preñez y procreo de los períodos 2008-2009. Cabe señalar que entre preñez y procreo existen pérdidas debido a factores sanitarios, nutricionales y ambientales, que determinan la tasa de concepción, y por consiguiente, la disminución de la cantidad de animales disponibles de referencia en el período posterior.

Tabla 4.2. Evolución de tasa se preñez y de procreo

Año	Tasa de Preñez (%)	Tasa de procreo (%)
2008	77,7	67,8
2009	64,3	66,2
2010	78,9	59,2
Valor de referencia	79	67

Fuente: Anuario Estadístico Agropecuario 2012, DIEA (MGAP 2012)

En función de los efectos identificados en el período 2008-2009, se asume una disminución de la tasa de preñez media de cerca de 14 puntos porcentuales, respecto a un valor de referencia para un año considerado "bueno" [3]o escenario base sin sequía. En tanto que la tasa de procreo al año siguiente disminuye a 59,2% y presenta una reducción de 7% respecto al valor de referencia.

Tomando como referencia una base de 3 962 000 vacas de cría a junio de 2011 (último dato disponible, DIEA 2012), una reducción en la tasa de procreo de 7% implica aproximadamente una caída de 300 000 terneros destetados en el período siguiente, respecto de un año sin sequía. Evaluado a precios de setiembre de 2012, esta disminución implica un monto de 135 millones de dólares[4].

En términos relativos a la producción anual de referencia, este impacto sobre la producción de la actividad ganadera implica un efecto de reducción de 4,4%.

Cabe señalar que en el Anuario Estadístico Agropecuario 2010, se realizó un análisis del impacto de la sequía sobre la producción pecuaria, con referencia a los datos del período

2 En base a DIEA, 2010.
3 Ibídem 2
4 Precio de Referencia para categoría "Piezas de cría –Setiembre 2012": 450 USD /cabeza. Boletín de Precios – Enero –Setiembre 2012, Capítulo I – Precios Pecuarios, MGAP.

2008-2009, estimándose una reducción de 14% en la tasa de procreo, lo cual se traduce en una reducción en 590 000 terneros, valuado en 250 millones de dólares. La diferencia con los valores presentados surge por el supuesto sobre la disminución en la tasa de procreo, el stock de referencia considerado, y el precio al cual éste fue valuado. Considerando igual stock de referencia e igual precio, un escenario alternativo de reducción en la tasa de procreo de 14%, llevaría a una pérdida de 249,6 millones de dólares.

Cuantificación del impacto sobre la producción y el valor agregado en la economía

En función de la metodología presentada, se utilizan los multiplicadores lineales estimados para la actividad ganadería, como forma de cuantificar el impacto económico sobre la economía en su conjunto, de una reducción del rodeo de 7%. En la Tabla siguiente se presentan los coeficientes para el sector ganadero y para el sector agropecuario en conjunto. Como fuera señalado, estos multiplicadores expresan relaciones de en unidades monetarias.

Tabla 4.3. Efectos multiplicadores de la ganadería

Indicador		Ganadería	Sector Agropecuario
Producción	Difusión	3,0	3,11
	Absorción	1,96	1,77
Valor Agregado	Total	1,82	1,64
	Trabajo Agropecuario	0,31	0,28
	Trabajo No Agropecuario	0,46	0,50
	Capital	1,05	0,85

Fuente: Terra (2009)

La caída estimada en la producción ganadera por la sequía de 135 millones de dólares, implica un efecto de 405 millones de dólares sobre el resto de los sectores de actividad en un año, es decir sobre la producción total de la economía, reflejándose el importante encadenamiento de la actividad ganadera con el resto de los sectores productivos.

A su vez, implica una reducción del valor agregado de 245,7 millones de dólares, de los cuales la mayor parte es reducción en la remuneración al factor capital, que alcanza 141,75 millones de dólares, en tanto 41,85 millones de dólares corresponden a remuneración del trabajo agropecuario y 62,1 millones de dólares corresponden a trabajo no agropecuario.

4.5. Lechería: identificación del impacto de la sequía en la producción

El evento climático de mayor relevancia en el sector de lechería a nivel predial es la sequía, la cual afecta la tasa de crecimiento de las pasturas, que disminuye su disponibilidad y calidad. Esta variación afecta la producción de leche al igual que la tasa de reproducción del rodeo. El mayor efecto se verifica en los meses primavera y verano, observándose

bajo rendimiento o pérdidas en las pasturas sembradas. Sin embargo, esta situación impacta negativamente en las siguientes estaciones, ya que el predio contará con menos área para pastoreo y se deberá resembrar las pasturas pérdidas aumentándose los costos. Adicionalmente, la falta de disponibilidad de pastura, implica la necesidad de comprar más fardos y concentrados, que debido a su alta demanda y baja oferta, se encuentran a un precio alto, tanto en período de sequía, como en las siguientes estaciones. Es posible concluir que el impacto de la deficiencia hídrica variará según sus antecedentes y su duración, así como también según las estrategias que el predio haya tomado previamente y durante ésta.

El estudio toma como referencia bases de datos históricos, y mediante el análisis estadístico se busca identificar diferencias sobre las variables relevantes entre productores, realizándose el análisis de caso para los establecimientos identificados. Se utilizó información proveniente de la Encuesta Lechera 2007 (DIEA, ejercicio agrícola 2006-2007). Se realizó una estratificación de establecimientos lecheros de acuerdo a tres variables: ingresos anuales, productividad y especialización, generándose modelos lecheros alternativos.

La elaboración de los modelos se basa en los siguientes supuestos: las sequías se alternan (moderada-severa) cada cuatro años, ocurren en el período estival y afectan la producción de alimento y la persistencia de las praderas permanentes. Como manera de limitar los efectos a considerar de las sequías, se mantiene la producción constante en el tiempo y la disminución de los alimentos se compensa con la compra fuera del establecimiento, de esta forma se mantienen los índices reproductivos y la estructura productiva que estos determinan a posteriori. Por tanto, el efecto de la sequía se evidencia en los costos que enfrenta cada establecimiento, de forma que la evaluación de impacto económico se basa en información de ingresos netos de los establecimientos.

Se seleccionaron tres modelos de producción lechera: G02, G04, G06. Los grupos 02 y 04 están integrados por explotaciones que producen entre 100 y 400 mil litros de leche anuales y se diferencian entre sí por el nivel de productividad. El grupo 06 está integrado por explotaciones que producen entre 500 y 900 mil litros de leche anuales.

Cuantificación del impacto económico específico

Como referencia para la evaluación del impacto económico de la sequía sobre la lechería, se estimó el ingreso neto anual en dólares por litro de leche producido en cada tipo de establecimiento. Se realizó un promedio de dicho indicador para los tres establecimientos, ponderado por la producción anual de litros de leche de cada grupo. Se consideró el ingreso neto estimado por litro de leche producido en tres escenarios: sin sequía, con sequía moderada y con sequía severa. En base a estos resultados, se estima una reducción del ingreso neto de los productores de leche de 0,034 dólares por litro de leche frente a un evento de sequía severa, en tanto que frente a una sequía moderada, esta reducción alcanza 0,02 dólares por litro al año.

Tomando como base la producción de leche comercial para el año 2010-2011 (último dato disponible según Anuario Estadístico Agropecuario 2012), con una producción de 2057 millones de litros de leche, se estima un impacto económico de una sequía moderada de 38,1 millones de dólares, en tanto que frente a una sequía severa este monto asciende a 69,7 millones de dólares al año.

Tabla 4.4. Impacto económico de la sequía en la producción lechera

	En millones de USD		En % de producción de 2011	
Sector Lechería	Sequía Moderada	Sequía Severa	Sequía Moderada	Sequía Severa
	38,1	69,7	1,2%	2,3%

Cuantificación del impacto sobre la producción y el valor agregado en la economía

La aplicación de los multiplicadores a los valores estimados debe hacerse con cierta cautela, ya que el monto estimado no implica una reducción directa en la producción del sector valorada a precios corrientes, sino que implica una reducción en el ingreso neto de costos de los establecimientos lecheros. Hecha la aclaración, se presentan a continuación los coeficientes estimados de los efectos multiplicadores para el sector de producción de leche, utilizados para estimar el efecto que un shock sobre la actividad genera en términos monetarios en toda la economía.

Tabla 4.5. Efectos multiplicadores de la producción de leche

Indicador		Producción de leche	Sector Agropecuario
Producción	Difusión	3,37	3,11
	Absorción	1,30	1,77
Valor Agregado	Total	1,82	1,64
	Trabajo Agropecuario	0,52	0,28
	Trabajo No Agropecuario	0,50	0,50
	Capital	0,79	0,85

Nota: Producción de leche refiere a la rama: leche sin elaborar y productos lácteos elaborados en predio. Fuente: Terra (2009).

En el caso de un evento de sequía moderada, el shock estimado sobre el sector es de 38,1 millones de dólares, que se difunde sobre la producción total de la economía y genera un efecto de 128,4 millones de dólares. Cabe destacar que el efecto de difusión del sector lechería sobre la producción es mayor al promedio del sector agropecuario en su conjunto.

Respecto al valor agregado, se estima una disminución de 69,3 millones de dólares, de los cuales 30 millones de dólares corresponden a remuneración al capital y los restantes 40 millones de dólares corresponden a la remuneración del factor trabajo, con una división equitativa entre trabajo agropecuario y no agropecuario. Esta situación evidencia la importancia del sector en el empleo agropecuario, donde el coeficiente de remuneración al trabajo agropecuario es significativamente mayor al promedio del sector.

En el segundo escenario analizado, que supone una sequía severa, genera un shock negativo sobre el sector de 69,7 millones de dólares. Este shock tiene un efecto sobre la producción global de 234,9 millones de dólares, una reducción en el valor agregado de 126,9 millones de dólares, compuestos por 36,2 millones de dólares de remuneración al trabajo agropecuario, 34,9 millones de dólares de trabajo no agropecuario y 55,1 millones de dólares de capital.

4.6. Agricultura de Secano: identificación del impacto del evento Niña/Niño en la producción de trigo, maíz y soja.

El evento climático relevante en este caso varía según se trate de cultivos de verano o de invierno. Para los cultivos de verano, se identifica como factor clave las frecuencias de precipitaciones, las cuales afectan el rendimiento de los cultivos. En tanto que para los cultivos de invierno, el evento climático relevante que afecta el rendimiento se asocia a las heladas tardías.

Se utilizaron modelos de simulación para evaluar el efecto del cambio climático en los sistemas productivos que actualmente están en funcionamiento. Se estudia el efecto de la señal ENOS para estimar la magnitud de la variación en las precipitaciones. Hay una tendencia a que en los años clasificados como Niño las precipitaciones estén por encima de la media y por debajo de ésta en el año clasificado como Niña. El escenario de base está dado por los años clasificados como Neutro.

Sobre la base de información recogida en la última década, se observa que el rendimiento del trigo es superior en los años clasificados como Niño, donde alcanza 3,2 ton /ha, en tanto para los años Niña y Neutro, el rendimiento es de 2,8 ton/ha. Para el cultivo de maíz, el rendimiento promedio en años Niño es de 5, 3 ton/ha, en tanto que para los años Neutro es de 4 ton/ha y para los años Niña 4,1 ton/ha. En el caso de la soja, el rendimiento para los años Neutro se encuentra en el entorno de 2,1 ton/ha, y aumenta a cerca de 3,5 ton/ha para años Niño y disminuye aproximadamente a 1,6 ton/ha para años Niña.

Cuantificación del impacto económico específico

En base a los rendimientos medios observados para los tres escenarios, medidos en toneladas por hectáreas, es posible estimar las variaciones debidas al evento climático sobre los cultivos considerados. Tomando como referencia el área sembrada para el período 2010-2011[5], para cada cultivo, es posible estimar variaciones en la producción anual de cada cultivo frente al evento Niño y Niña[6].

Tabla 4.6. Impacto económico del efecto Niño-Niña en la producción de Soja y Trigo

Sector Agrícola	En millones de USD		En % de producción de 2011	
	El niño	La niña	El niño	La niña
Soja	524	-262	45,5 %	-22,8 %
Trigo	48	0	7,7 %	0,0

Fuente: Elaboración propia en base a datos de MGAP y BCU

De esta forma el evento climático clasificado como Niño da lugar a un incremento en la producción de trigo de 48 millones de dólares, en tanto que el fenómeno Niña no genera efectos de rendimiento respecto al año base. En el caso del maíz, el incremento provocado por el evento Niño alcanza 26 millones de dólares, en tanto que el evento Niña genera un impacto de 2 millones de dólares sobre la producción. Finalmente, para la soja, el efecto Niño implica un incremento de 524 millones de dólares, en tanto que el efecto Niña genera un impacto negativo sobre la producción de 262 millones de dólares.

5 Anuario Estadístico Agropecuario 2012 (DIEA)
6 Para la valorización de la producción se tomaron los siguientes precios de referencia: Trigo–Setiembre 2012: 294 USD /ton, Maíz-Agosto 2012: 251,7 USD/ton, Soja -Setiembre 2012: 608,33 USD/ton. Boletín de Precios – Enero –Setiembre 2012, Capítulo II – Precios Agrícolas, MGAP.

En el caso del maíz, no se cuenta con información específica sobre el valor de la producción al año 2011, por lo cual, el efecto identificado, se presenta en términos relativos a la producción agregada del sector agropecuario.

Tabla 4.7. Impacto económico del efecto Niño-Niña en la producción de Maíz

Sector Agrícola	En millones de USD		En % de producción agrícola de 2011	
	El niño	La niña	El niño	La niña
Maíz	26	-2	0.9%	-0.1%

Fuente: Elaboración propia en base a datos de MGAP y BCU

Cuantificación del impacto sobre la producción y el valor agregado en la economía

En función de los efectos sobre la producción para los tres cultivos analizados, es posible evaluar el impacto sobre la producción global y el valor agregado, en los dos escenarios: evento climático Niño y evento climático Niña. A continuación se presentan los multiplicadores de la producción y el valor agregado del sector de producción de cereales y oleaginosas (no incluye arroz).

Tabla 4.8. Efectos multiplicadores del cultivo de cereales y oleaginosas

Indicador		Cultivo de Cereales y Oleaginosas	Sector Agropecuario
Producción	Difusión	2,85	3,11
	Absorción	1,28	1,77
Valor Agregado	Total	1,07	1,64
	Trabajo Agropecuario	0,13	0,28
	Trabajo No Agropecuario	0,37	0,50
	Capital	0,58	0,85

Fuente: Terra (2009)

En el escenario Niño, el efecto de incremento de la producción total, es decir considerando los tres cultivos en forma conjunta, implica un shock positivo sobre la producción del sector de 598 millones de dólares, que se traduce en un incremento de la producción global de 1704 millones de dólares. A nivel de remuneración de factores productivos, el incremento en la remuneración al trabajo agropecuario alcanza 78 millones de dólares, el trabajo no agropecuario crece 221 millones de dólares y el capital captura 347 millones de dólares. Cabe señalar que los impactos globales del shock alcanzan magnitudes de gran significación debido a la importancia del shock más que a los encadenamientos que presenta la rama con el resto de la economía, ya que todos los coeficientes de la rama se encuentran por debajo del promedio del sector agropecuario.

En el escenario alternativo Niña, el shock que recibe la rama de actividad es negativo, y totaliza 260 millones de dólares. Esto impacta en una disminución de la producción total de 741 millones de dólares, generando una disminución del valor agregado de 281 millones de dólares, compuestos por reducciones de 151 millones correspondiente al capital, 34 millones al trabajo agropecuario y 96 millones al trabajo no agropecuario.

4.7. Cultivo de Arroz: identificación del impacto del evento Niño/Niña en la producción

El evento climático crítico para el cultivo de arroz, al igual que en los otros cultivos analizados, presenta fuerte vinculación a factores estacionales. Para los meses de octubre y noviembre resulta relevante el aumento en la frecuencia de las precipitaciones, en tanto que para los meses de enero y febrero, se identifica a las temperaturas mínimas como factor climático crítico. En ambos casos, estos eventos tienen consecuencias sobre el rendimiento del cultivo.

El análisis se realizó en base a datos de rendimientos de arroz nacionales, y revisión bibliográfica de trabajos existentes. Se utilizó como referencia una base datos de SAMAN, que permite estimar los efectos sobre el rendimiento del cultivo en el año base y frente a los eventos Niño y Niña. Se identifica que los años caracterizados como Niño tienen una mayor frecuencia de rendimientos malos debido a menor radiación, a menor temperatura o a la combinación de ambas, mientras que en los años clasificados como Niña el rendimiento se incrementa.

En base a los datos observados, se estima que en los años clasificados como Neutro, el promedio de rendimiento de los productores considerados en la base de datos fue de 145 bolsas/ha. En los años identificados como Niña (2007-2008 y 2010-2011) el promedio de rendimiento aumentó a 171 bolsas/ha, comparado con la reducción a 141 bolsas/ha para los años Niño.

Cuantificación del impacto económico específico

Considerando un período de estudio que va desde la zafra de 1998-1999 hasta la zafra de 2011-2012, se estimaron las ganancias promedio por hectárea del productor en años Niño y Niña y las ganancias a nivel país para iguales escenarios. Para estas estimación se tomaron en cuenta la superficie sembrada nacional (ha), el rendimiento promedio nacional (bolsas/ha), los costos de producción promedio (dólares/ha) y el precio de la bolsa (dólares/bolsa). Los datos se muestran en la Tabla 4.9.

Para cada año se calculó la ganancia a nivel país debido a la producción de arroz y las ganancias por hectárea a nivel productor. En promedio, para el período analizado, el ingreso para el país fue de 48,81 millones de dólares y para el productor fue de 281 dólares/ha.

Si se considera la caracterización climática para realizar los cálculos, entonces se obtiene que el ingreso promedio para el país en los años caracterizados como Niño fue de 54,83 millones de dólares, mientras que en los años caracterizados como Niña el ingreso fue de 86,66 millones de dólares, encontrándose una diferencia 31,83 millones de dólares a favor de los años Niña. En cuanto a los ingresos por hectárea que recibe el productor, en los años Niño la ganancia promedio fue de 360 dólares/ha mientras que en los años Niña fue de 479 dólares/ha.

Tabla 4.9. Datos estimados de las ganancias promedio por hectárea-productor en años Niño y Niña y las ganancias a nivel país para los mismos escenarios

Zafra	Fase ENOS	Superficie (ha)	Rendimiento (bolsas/ha)	Precio Bolsa	Costos/ ha
1998/99	Niña	205990	126	6.34	575
1999/00	Niña	185000	132	5.15	642
2000/01	Neutro	153676	134	5.3	648
2001/02	Neutro	157235	109	5.8	680
2002/03	Niño	153396	114	9.05	700
2003/04	Neutro	195640	135	8	799
2004/05	Neutro	184000	132	7.06	849
2005/06	Neutro	177300	146	7.76	881
2006/07	Niño	145000	158	9.02	976
2007/08	Niña	172959	159	16.41	1300
2008/09	Neutro	167488	160	12.04	1807
2009/10	Niño	162000	142	12.5	1475
2010/11	Niña	195000	168	12.2	1708
2011/12	Neutro	181400	157	12.78	1814

Fuente: ACA y SAMAN

Considerando el efecto identificado sobre la producción de ambos escenarios, y tomando como referencia el área sembrada con arroz en el período 2010-2011, se estima una reducción de la producción de arroz de 39 200 toneladas de arroz debido al evento Niño, cuyo valor en dólares corrientes alcanza los 9,6 millones de dólares[7]. En caso del evento Niña, la producción de arroz aumentaría en 254 800 toneladas, lo que genera un incremento de 62,2 millones de dólares.

Cuantificación del impacto sobre la producción y el valor agregado en la economía

En la Tabla 4.10 se presentan los coeficientes estimados para medir el impacto sobre la producción y el valor agregado de un shock sobre la rama de actividad de producción de arroz.

El evento climático Niña se asocia con un shock positivo sobre el rendimiento del cultivo de arroz, que genera un aumento de la producción del sector de 62,2 millones de dólares, y un aumento estimado de la producción total de la economía de 178,5 millones de dólares. El valor agregado se incrementaría en 84,6 millones de dólares, de los cuales 52,2 millones corresponden a remuneración al capital, 8,1 millones a trabajo agropecuario y 24,3 millones a trabajo no agropecuario.

7 Se toma como precio de referencia del arroz el precio provisorio zafra 2011-2012.Setiembre 2012: 244 USD /ton. Boletín de Precios – Enero –Setiembre 2012, Capítulo II – Precios Agrícolas, MGAP.

Tabla 4.10. Efectos multiplicadores del cultivo de Arroz

Indicador		Arroz	Sector Agropecuario
Producción	Difusión	2,87	3,11
	Absorción	1,23	1,77
Valor Agregado	Total	1,37	1,64
	Trabajo Agropecuario	0,13	0,28
	Trabajo No Agropecuario	0,39	0,50
	Capital	0,84	0,85

Fuente: Terra (2009)

En el escenario climático alternativo Niño, se estima un shock negativo sobre el cultivo de arroz de 9,6 millones de dólares, cuyo efecto de propagación al resto de la producción alcanza los 27,6 millones de dólares. La reducción en la remuneración de los factores productivos trabajo agropecuario, trabajo no agropecuario y capital, totalizaría 1,2 millones de dólares, 3,7 millones de dólares y 8,1 millones de dólares, respectivamente.

4.8. Comentarios finales

Tomando como referencia los impactos sobre la producción identificados para cada actividad, se cuantificaron las pérdidas o ganancias potenciales a nivel sectorial. De esta forma se cuantifica el impacto económico que podría esperarse en un año crítico desde la perspectiva climática: año de sequía o de aumento en la frecuencia de precipitaciones, año de mayores temperaturas promedio o años de heladas.

La metodología utilizada presenta la ventaja de incorporar tanto los efectos como los resultados específicos, identificar ganancias y pérdidas en forma desagregada, y echa luz sobre la composición del efecto agregado. Los resultados estimados varían tanto en la intensidad como en el signo del efecto identificado por actividad, poniéndose en evidencia la limitación de las estimaciones agregadas, al esconder importantes heterogeneidades y limitar por tanto, la posibilidad de realizar abordajes específicos para su mitigación.

Se concluye de la evaluación que el impacto económico más significativo estaría dado por los eventos Niño y Niña sobre los cultivos agrícolas. Dada la magnitud del efecto y los altos precios internacionales de los granos, en particular de la soja, el aumento en la frecuencia de las precipitaciones genera un incremento de la producción en el sector mayor a los 500 millones de dólares, aproximadamente un 8 % del producto agropecuario, lo cual se traduce en un incremento en la producción total de la economía de más de 2000 millones de dólares.

Por otro lado, la menor frecuencia de precipitaciones en años clasificados como Niña implica una reducción en la producción de cultivos estimada en 260 millones de dólares, que equivale al 4% del producto agropecuario, y al propagarse al resto de los sectores productivos, genera un impacto total sobre la producción de casi 1000 millones de dólares. Cabe señalar que dado que los registros disponibles muestran que la proporción de años

Niña y Niño es relativamente parecida, y que el impacto económico positivo de los años Niño es mayor que el impacto económico negativo de los años Niña, el efecto económico neto del evento Niño/Niña sobre la agricultura sería positivo.

5

Estudio sobre políticas públicas y evaluación de medidas de adaptación del sector agropecuario al cambio climático

Elaborado por el Centro de Investigaciones Económicas (CINVE)

Autores:

Juan Francisco Rosas, Ignacio Arboleya, Miguel A. Carriquiry, Hugo Licandro, Juan Millán, Valentín Picasso

MENSAJES CLAVE

- Parece existir conciencia sobre el cambio climático en el sector público y privado con una marcada voluntad en impulsar medidas de adaptación. La sequía es percibida como el evento climático de mayor impacto negativo en la ganadería.
- La implementación de medidas de adaptación presenta desafíos e interrogantes que aún están en fase de identificación por parte de la institucionalidad pública y privada. Sin embargo, la actual coyuntura del sector agropecuario favorece su impulso y promoción.
- La producción de suplementos bajo riego asociativo para ganadería implica un gran cambio técnico y de paradigma de producción. Presenta considerables barreras de marco legal, falta de formación de capacidades y no es fácilmente generalizable. Una evaluación económica de dos alternativas productivas arroja resultados positivos.
- El sistema de producción que optimiza la altura de pastoreo del campo natural es una medida con gran consenso a nivel técnico y con alto potencial de adopción. Requiere un fuerte trabajo de formación y extensión para derribar barreras con gran arraigo en la idiosincrasia del productor. Una evaluación económica de un cambio hacia el sistema de producción propuesto arroja resultados positivos.
- La estrategia asociativa para la producción de suplementos es una medida con buena capacidad de adopción en tanto se superen las barreras de formación y logística. Una evaluación, de un caso de estudio, muestra que este tipo de experiencias pueden ser beneficiosas.

5.1. Introducción

La presente investigación tuvo como objetivo general el realizar un estudio que apoye al diseño de políticas públicas, instrumentos y cursos de acción para la adaptación del sector agropecuario al cambio climático y su variabilidad, teniéndose en cuenta la exposición climática, la sensibilidad (ambiental, social y económica) y la capacidad adaptativa ante sus efectos.

Se decidió en conjunto con la Unidad de Adaptación al Cambio Climático (UACC) del MGAP y la FAO:

- Vincular su orientación y acciones como un insumo para la implementación del Proyecto de Adaptación al cambio climático en la ganadería familiar que se ejecutará con recursos del Fondo de Adaptación y el MGAP. Este proyecto busca fortalecer la capacidad de adaptación de productores ganaderos familiares ubicados en las Unidades de Paisaje (UP) de las eco-regiones cuesta basáltica y sierras del este. Las medidas analizadas por el presente estudio pueden ser tomadas como experiencias piloto en el marco de las acciones del referido proyecto.
- Concentrar el análisis de impacto y de las posibles barreras de adopción en tres medidas principales. La formulación de dichas medidas es una resultante del propio trabajo de análisis y consultas realizadas durante el estudio.
- Hacer una breve mención a los factores que condicionan la adopción más generalizada de la implantación de montes de sombra y abrigo en la ganadería.

El estudio se desarrolló entre los meses de noviembre de 2012 y abril de 2013.

5.2. Metodología de trabajo

Perspectiva metodológica por producto

Evaluación cuantitativa del impacto económico en los sistemas productivos de la adopción de medidas de adaptación.

Para el conjunto de medidas de adaptación que abocan a este trabajo, se investiga el impacto económico de éstas en el resultado económico del subsector objeto de estudio. En particular, se estudia la evolución en el tiempo de la rentabilidad del sistema ganadero de cría a campo natural (línea de base) y cómo ésta es afectada por las mencionadas medidas.

Para cada una de las medidas analizadas se utiliza un enfoque metodológico distinto en la evaluación económica. Dicha elección está condicionada por la disponibilidad de información. Sin embargo, en todos los casos, se procede a realizar una comparación de una línea de base que consiste en la situación donde ninguna política de adaptación es implementada (inacción), con una situación donde éstas son llevadas adelante.

En particular, los enfoques metodológicos que se utilizan comprenden los siguientes: por un lado, se realiza una evaluación de un proyecto de inversión a través de la determinación de la tasa interna de retorno (TIR) incremental del proyecto (evaluación privada del proyecto); en otro caso, se usan modelos de simulación biofísicos que replican el comportamiento de un establecimiento ganadero a campo natural y que tiene en cuenta la interacción del

crecimiento del ganado, con el clima, y con las medidas de manejo del productor rural; por otro lado, se realiza un estudio de caso con el objetivo demostrar que una de las medidas propuestas es factible de ser implementada y tiene resultados positivos.

Análisis de barreras para la adaptación a nivel de sistemas de producción y de la institucionalidad pública y privada. Definición y evaluación de posibles incentivos para la adaptación según tipo de productor.

En este punto se analiza la institucionalidad pública y privada en cuanto a las restricciones y/o barreras existentes para la aplicación de medidas de adaptación a la VCC. En el caso de la institucionalidad pública se buscó identificar aquellas que tengan que ver con las sinergias y capacidades de coordinación necesarias para llevarlas adelante. Para la institucionalidad privada se buscó identificar posibles objeciones /dudas de los actores sujetos a las políticas que dificultan una efectiva aplicación de las medidas propuestas.

Para ello se llevan adelante entrevistas que implican un diálogo entre entrevistador-entrevistado a partir de planteos lo suficientemente concretos como para identificar tanto "adhesiones reales" como posibles barreras de adopción. A su vez, se realiza una profunda revisión de antecedentes de proyectos vinculados a medidas de adaptación.

Evaluación cualitativa de los impactos de las medidas propuestas

Se aplica una lista de control de factores tipo, compuesta por una serie de variables que permitan establecer en forma cualitativa los posibles impactos de política de las medidas propuestas. Esta red de criterios o lista se aplica al conjunto de las entrevistas a informantes calificados así como en la sistematización de los antecedentes provistos por la revisión bibliográfica.

Metodológicamente, el enfoque propuesto para realizar esta evaluación se encuentra enmarcado dentro de la familia de análisis multicriterio de evaluación de políticas. La técnica utilizada en este trabajo es conocida como la metodología de Índice de Utilidad de Prácticas de Adaptación (IUPA).

5.3. Contexto y justificación de las medidas analizadas

La ganadería ha sido históricamente la actividad productiva dominante en la economía uruguaya (MGAP-FAO, vol. III, 2013). Luego de años de estancamiento la producción ganadera del país comienza a evidenciar señales de cambio como fruto de la aplicación de políticas de gobierno y un contexto externo comercial favorable. La percepción de bonanza económica del actual contexto sectorial es compartida por los productores. En general las buenas prácticas que son crecientemente rentables en el actual contexto sectorial, tienen también el atributo de mejorar la capacidad de adaptación de los sistemas productivos ganaderos a la variabilidad y el cambio climático. Si bien es positivo en términos de la necesaria coincidencia entre el interés privado y público, no se debe ocultar que estas prácticas distan bastante de ser generalizadas a nivel de la producción ganadera de cría.

Asumiendo que existe un paquete tecnológico inicial apropiado al contexto sectorial que genera capacidad de resiliencia, otro conjunto de desafíos se vinculan con las acciones de

formación, transferencia y organización con los productores. Por ende debe existir una estrecha relación entre las políticas y medidas de adaptación que se promuevan con las políticas y acciones de formación y transferencia que instrumente la institucionalidad pública agropecuaria.

5.4. Análisis de las medidas propuestas

Consideraciones sobre las medidas analizadas

Los especialistas e informantes calificados consultados así como los trabajos de sistematización de encuestas y talleres realizados con productores y técnicos de campo que se han podido analizar, indican que los actores productivos tienen una creciente percepción sobre la existencia de la problemática de la variación y cambio climático. Los numerosos trabajos y proyectos que se han desarrollado en los últimos años desde la academia y la institucionalidad pública agropecuaria a la par de los eventos climáticos recientes, han ido generando una creciente conciencia sobre esta temática.

Sin embargo respecto a los efectos de variabilidad y cambio climático y la importancia de éstos en los predios ganaderos, las opiniones son más matizadas. Los productores asocian como principal efecto negativo de la sequía a la carencia de agua para consumo animal mientras que en el discurso de los técnicos la problemática del alimento es la consecuencia más importante. Sí existe coincidencia en el potencial beneficio de la asociación para desarrollar determinadas acciones (mantenimiento de tajamares, realización de reservas forrajeras, entre otras) fundamentadas en las carencias de infraestructura y servicios adecuados, aunque se señalan las dificultades que suponen la participación y gestión de este tipo de emprendimientos.

La diferente percepción sobre el efecto principal pauta de alguna forma los márgenes de acción que se tienen para la adopción de medidas de adaptación al cambio climático. Mientras que para los productores la principal medida debería estar vinculada a la elaboración y mantenimiento de tajamares y otras fuentes de agua a través de programas de apoyo, para los técnicos se debería trabajar en la mejora de la gestión de los recursos actuales con énfasis en un manejo más racional de las cargas de ganado, hacer reservas de forraje, etc.

Las medidas que el MGAP propuso analizar se vinculan más claramente a la concepción de preservar y recomponer el campo natural y brindar mayor capacidad de respuesta a eventos climáticos adversos a través de una mayor disponibilidad de alimentación. Si bien existe un acuerdo muy generalizado de que estas medidas son potenciales respuestas a los efectos negativos identificados y forman parte de un "menú" deseable de opciones, su implementación o aplicación depende de diversos factores. Entre ellos se destacan el rol que cumplirá el gobierno en términos de instrumentos de apoyo, la percepción del problema principal a atender, las prácticas y cultura tradicional de la producción y del tipo de actor que se trate (público o privado, productor o técnico, productor participante de programas del MGAP o no, etc.).

De igual forma, y como ya se ha mencionado, cada una de ellas pueden implicar diferentes acciones y alcances. Esto suponía un desafío a la hora de analizar su impacto.

Para ello se hizo una primera definición de las medidas de carácter general pero que habilitaba su análisis a nivel predial. Se partía del supuesto que las medidas serán pertinentes

y especialmente adoptables por parte de los productores si efectivamente mejoran el desempeño productivo y económico de los establecimientos o al menos no lo afectan negativamente.

La segunda consideración es que los tiempos e insumos disponibles para el presente estudio no posibilitaron el análisis de las diversas opciones de implementación de una medida en particular. Es por ello que para analizar el impacto económico de las medidas se realizaron ciertos supuestos productivos y de ubicación que implican una "unidad tipo" y un caso específico de implementación con el que se trabaja.

Las principales características de estas "unidades tipo" están pautadas por la información disponible (que asegura cierta representatividad), el modelo de simulación a utilizar y los criterios establecidos por el Proyecto de Adaptación al cambio climático en la ganadería familiar, que se ejecutará con recursos del Fondo de Adaptación y el MGAP. Este proyecto plantea un enfoque de trabajo basado en el abordaje por unidades de paisaje (UP) en las zonas de basalto y sierras del este.

Las UP son definidas como territorios homogéneos por la acción de fuerzas naturales y la actividad humana. Fueron seleccionadas de acuerdo a los siguientes criterios: a) alta proporción de productores familiares; b) predominancia de ecosistemas basados en campo natural sobre suelos superficiales y muy superficiales; c) deficiencias generalizadas en infraestructura para acceso y distribución de agua y manejo de recursos naturales; y, d) deficiencias generalizadas en el acceso a servicios de apoyo.

Por otra parte el proyecto define como su población objetivo a los productores ganaderos familiares de ambas UP que posean un tamaño de explotación (independientemente de la tenencia) entre 51 y 750 hectáreas (sobre un supuesto de Índice CONEAT promedio de 70). Por ende las medidas están pensadas desde la perspectiva de ese tipo de productor.

La Tabla 5.1 resume brevemente las características de las medidas a analizar.

Tabla 5.1. Descripción de las medidas de adaptación objeto de estudio a la variabilidad y al cambio climático

Medida	Principales características	Unidad tipo	Estrategia de resiliencia
Gestión multipredial y/o asociativa del agua para fines productivos en ganadería.	Campo asociativo para riego de cultivos para reserva y alimentación estratégica de categorías claves de productores socios. Ejercicio con terneros.	Riego de 250 ha Productores ganaderos de la UP basalto con hasta 750 ha de superficie.	Aprovechamiento eficiente y sostenible del agua de lluvia y su escurrimiento superficial. Gestión y aumento de las habilidades de organización para hacer frente a riesgos climáticos.
Adopción de sistemas de producción basados en un manejo sustentable del Campo Natural (CN) (priorizando el uso de una carga adecuada).	Manejo del CN en base a monitoreo de estado y disponibilidad. Ajuste de carga a la misma. Sistema de toma de decisiones preventivas.	Predio de productor ganadero criador de hasta 750 ha.	Aprovechamiento eficiente y sostenible de la producción a CN.
Bancos de forraje gestionados por organizaciones.	Producción de grano húmedo de sorgo en forma asociativa.	Análisis en base a un estudio de caso como base de modelización.	Gestión y aumento de las habilidades de organización para hacer frente a riesgos climáticos
Incorporación de montes de sombra y abrigo.	Identificación de factores positivos de la medida.	Para predios ganaderos de hasta 750 ha.	Disminución de stress calórico, mejora de bienestar y prevención de enfermedades de piel.

Es necesario hacer una mención particular a la medida de la promoción de sombra para el ganado. Si bien es relevante como medida de adaptación y es quizás una de las medidas más tradicionales y conocidas, no existe información y datos consistentes para realizar una evaluación económica de la misma.

Por otra parte los informantes calificados entrevistados entienden que existe una mayor conciencia a nivel de los productores sobre los beneficios de la sombra y que el actual contexto favorable del negocio ganadero facilita la inversión en este sentido. Ello permitiría que los productores que tradicionalmente priorizaron otras inversiones más perentorias (agua, alambrados), hoy podrían encarar esta práctica. Es por este motivo que para esta medida se analizaron las posibles barreras o dificultades para su adopción dejándose el análisis de impacto económico para futuras investigaciones.

Gestión multipredial y/o asociativa del agua para uso con fines productivos

Descripción de la medida

La definición de la unidad de modelización de esta medida fue la que supuso un mayor trabajo de aproximaciones sucesivas. Luego de analizar diferentes opciones, se decidió trabajar sobre una propuesta "potencialmente realizable" en un plazo aceptable. Los criterios manejados fueron los siguientes:

- Las represas multiprediales de gran porte todavía tienen ciertas limitantes para su concreción a nivel normativo y organizativo. Si hubiera experiencias de este tipo en el corto plazo, sería conveniente que se hicieran para aquellos rubros donde existe a priori mayor rentabilidad económica (por ejemplo la agricultura).
- Existen antecedentes de incorporación de nuevas prácticas tecnológicas por la vía de experiencias asociativas. Una forma de generar capacidades y conocimientos en la temática del riego puede ser la implementación de riego en un campo de uso asociativo.
- El apoyo a la concreción de campos de uso asociativo e incluso de campos para la producción de suplementos ya forma parte de las acciones que desarrolla la institucionalidad pública agropecuaria.
- Existen organizaciones y grupos de productores que tienen la capacidad institucional para llevar adelante este tipo de experiencias.
- La suplementación es una práctica en expansión en la ganadería uruguaya.

En función de esos criterios se hace la evaluación económica de un campo de uso asociativo con riego para producción de granos y reservas con la finalidad de suplementación de ganado. Esta política se basa en la construcción de un embalse de pequeño porte para riego de 250 hectáreas de cultivos de invierno y verano para uso de suplementación animal.

A los efectos de la estimación de pérdidas de suelo promedio anual de la rotación planteada, se selecciona como punto de referencia una zona al norte de la ciudad de Salto. Se escoge un suelo con potencial pastoril-agrícola y una rotación pensada en función del uso multipredial del sistema de riego.

Análisis de impacto económico

Estudio de la viabilidad económica de esta medida consiste en la evaluación de un proyecto de riego asociativo que implica la construcción de una represa de mediano porte con el objetivo de almacenar agua para el riego de un predio dedicado a la producción de granos para suplementar ganado. Dicha producción es de uso común por parte de un grupo de productores ganaderos que lo utilizan para suplementación de terneros durante el invierno inmediato posterior al destete.

La característica saliente de alto requerimiento de inversión inicial conlleva a estudiar su impacto económico y su viabilidad mediante la tasa interna de retorno (TIR) incremental del proyecto. Este análisis supone la existencia de una línea de base en la que no existe el proyecto, versus otra en la cual el proyecto se lleva a cabo. Para cada caso se calculan las corrientes (o flujos) temporales de costos incrementales del proyecto y los ingresos incrementales (incrementales significa que es adicional respecto a la línea de base) durante el horizonte temporal planteado (de 20 años) que son luego actualizados por una tasa de interés de referencia.

Se selecciona una ubicación geográfica que contemple las UP objeto de estudio, por lo que se ubica la unidad tipo en un área dentro de los 50 km al norte de la ciudad de Salto. Esto tiene que ver con la especificación del tipo de suelo que será servido por el agua embalsada. El uso principal del agua se asume es la producción de alimento para el ganado, por tanto es importante el tipo de rotación de cultivos establecida en el trabajo. Para ello se selecciona una rotación que en dos años se realizan dos cultivos de verano (sorgo y maíz) y uno de invierno (trigo), que implica un nivel de degradación del suelo aceptable desde el punto de vista de la Ley de Conservación y Uso del Suelo actualmente vigente en el país.

El predio a ser regado es de 250 ha y se divide en dos fracciones iguales de 125 ha que mantienen la misma rotación de dos años pero que tienen un año de desfasaje. Esto garantiza el uso más eficiente del agua ya que en cada año se riega un cultivo de maíz y otro de sorgo ambos de 125 ha. Se asume que el cultivo de invierno no requiere riego. La Tabla 5.2 detalla la rotación considerada.

Tabla 5.2. Rotación de cultivos para producción de forraje bajo riego

has	otoño	invierno	primavera	verano	otoño	invierno	primavera	verano
125		ST		CT-SS	CS		SM	CM
125	CS		SM	CM	ST			CT-SS

ST: siembra de trigo; CT: cosecha de trigo; SS: siembra de sorgo; CS: cosecha de sorgo; SM: siembra de maíz; CM: cosecha de maíz.

Los parámetros utilizados para este análisis de construcción del embalse, distribución y administración del agua, y riego de los predios son tomados de un extenso y reciente trabajo sobre riego en Uruguay (Failde et al., 2013). En éste la tasa de actualización del flujo de fondos es del 12%. A su vez, se establece un horizonte temporal de 20 años para la evaluación del proyecto.

Los parámetros para la construcción del embalse implican que se requieren mover 33 800 metros cúbicos de tierra a un costo de 3 dólares americanos por metro cúbico. La compra de tierra a inundar implica 49 ha a un precio estimado de 3000 dólares la hectárea. El costo

de mantenimiento anual de la represa se estima en 72 dólares por cada 1000 metros cúbicos de agua, más un 5% del monto total de la inversión inicial (Failde, Peixoto y Estol, 2013; IMFIA, 2012).

La producción de granos se asume tal que el rendimiento incremental del sorgo es de 5,9 toneladas por hectárea y del maíz de 6,4 toneladas por hectárea (Giménez, 2012). Se asume también que hay costos incrementales asociados al mayor gasto en fertilizantes y en el costo de cosecha debido a la mayor producción que implica la situación bajo riego. Para el trigo se asume un rendimiento incremental de cero.

En cuanto al uso del agua, el 58% del requerimiento total del cultivo de maíz está cubierto por riego -principalmente en la etapa de floración y llenado del grano- y el 36% del requerimiento total del sorgo -también para estas etapas de crecimiento- (Giménez, 2012).

En cuanto a los ingresos generados por el proyecto se estudian dos casos. El primero consiste en que todos los granos (maíz, sorgo y trigo) son vendidos en el mercado a los precios vigentes. El segundo implica que el maíz y el trigo son vendidos en el mercado a dichos precios mientras que el grano de sorgo es utilizado para suplementar terneros durante el invierno luego del destete.

Respecto al primer caso, presentado en la Figura 5.1, los resultados de la TIR incremental del proyecto implican que el mismo ya es rentable a partir de una tasa de utilización de la represa del 60%. Para tener una referencia (Failde et al., 2013) establecen un 70% de uso de la represa lo cual implica que la misma es utilizada en siete de cada diez años. Por lo tanto, en la medida de que la TIR incremental es mayor a 12% para un uso del 60%, se puede decir que este proyecto es rentable bajo condiciones no exigentes.

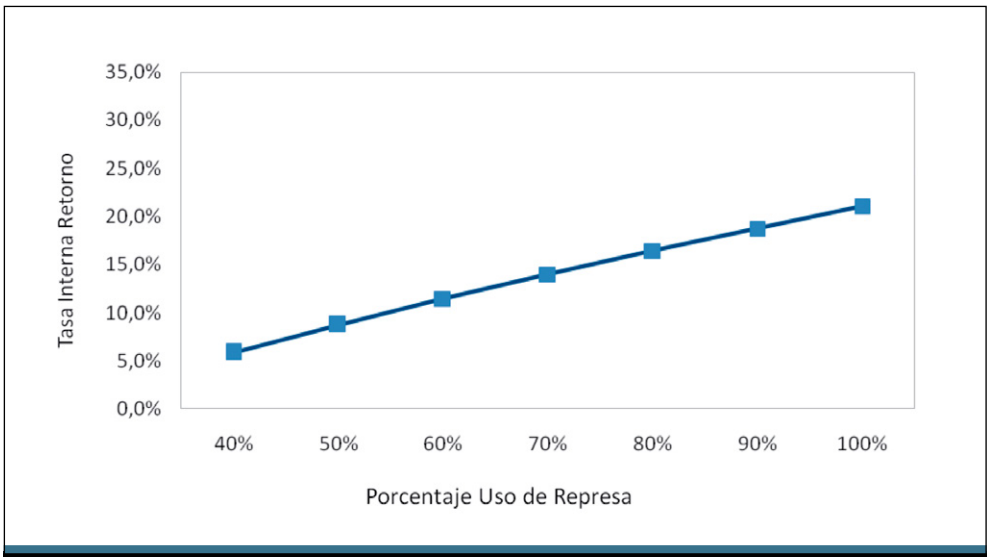


Figura 5.1. TIR incremental del proyecto para el caso de venta de todos los granos en el mercado

En el segundo caso, se asume que la producción incremental de sorgo es destinada a suplementar terneras luego del destete durante 100 días del invierno. Se establece una tasa de conversión de 8 kg de materia seca por cada kilo en pie ganado por las terneras; esto

implica que durante el período se le proporciona al animal un promedio diario del 0,75% de su peso en pie. Asumiendo que las terneras comienzan con 150 kg en pie, éstas ganan un total de 20 kg y consumen 122 kg de materia seca de sorgo de grano húmedo. Para el cálculo del ingreso incremental, establecemos que en la situación sin proyecto, aquellos terneros no suplementados pierden un 10% de su peso en esos 100 días del invierno (Quintans, 2006).

Para este caso (Figura 5.2) la TIR incremental del proyecto es aún más alta e implica que el proyecto comienza a ser rentable a partir de un menor porcentaje de uso de la represa (más precisamente 41%).

Figura 5.2. TIR incremental del proyecto para el caso de suplementación de terneras con sorgo y venta de trigo y maíz en el mercado

Por tanto, para las dos situaciones analizadas, el proyecto de una represa para riego asociativo es rentable para porcentajes de uso de la represa razonables.

Análisis de barreras, impacto y posibles medidas

Dentro de los pilares de las estrategias de adopción a la VCC, el MGAP menciona el fomento del riego donde sea técnica y económicamente viable. La expansión del área de riego en el país ha sido históricamente explicada por la expansión del cultivo de arroz. La creciente actividad agrícola de los últimos años plantea otros desafíos por lo que naturalmente se asocia la viabilidad del aumento del área bajo riego con la agricultura (donde parece ser más viable económicamente).

Sin embargo cuando se habla de introducir el riego en sistemas de producción ganaderos, la fundamentación se vincula más a una necesidad de "estrategia país" (cosechar más agua del agua de escurrimiento superficial en reservorios y suelos, atendiendo a su distribución eficiente en los distintos potreros, predios y cuencas) que como fruto de una estrategia empresarial económicamente sustentable identificada por los actores productivos.

Esto se pudo percibir a nivel de los informantes calificados donde existe consenso en que el almacenaje y uso racional del agua (especialmente la de origen pluvial) es un tema estratégico del país y que una política de promoción e implementación de ello sería innovadora y de impacto.

Pese a esa convicción de la necesidad estratégica a nivel del país, existen mayores dudas sobre la viabilidad de su implementación a nivel productivo-económico. Algunos informantes consideran que su justificación es más clara o probada en la agricultura. Actualmente se discute y analiza su pertinencia en la lechería y aunque es claro que el sistema de producción lechero tiene todo organizado para aprovechar el incremento de producción de materia seca que genera el riego, esta opción "compite" con otras posibles estrategias (Giudice et al., 2012).

En la ganadería la incertidumbre es mayor y en todo caso se la considera viable si se asocia al aprovechamiento de las posibles áreas agrícolas que existan en los predios ganaderos y que generen como un subproducto el riego estratégico de pasturas o una mejor disponibilidad y distribución de agua para bebida animal.

De igual forma se asocia el riego y su posible evolución a una mayor intensificación del sistema de producción ganadero en términos de la utilización de mejoramientos o suplementación y no tanto al riego del campo natural.

Otro aspecto de la medida se refiere a su característica multipredial y eventualmente asociativa. Para los informantes calificados es claro que es una medida deseable (por su impacto y por una posible dilución de los costos de embalse o almacenaje del agua) y que se deberían apoyar experiencias de este tipo si reúnen una serie de requisitos (viabilidad técnica y económica, organizativa y de gestión). Como restricciones se mencionan las culturales, que se ven reforzadas con la falta de práctica y conocimiento en cómo administrar este tipo de emprendimiento. También se agregan los costos energéticos y de distribución del agua entre los predios.

En todo caso, las asociaciones -reconociéndose su carácter estratégico-, se considera que serán experiencias difícilmente generalizables ya que se deberán dar una serie de circunstancias en forma simultánea para que se concreten.

Claramente se le asigna un rol al Estado que debe generar el marco institucional y de inversión para efectivizar esta política. Pese a ello no es claro cómo y a qué nivel debería ser la intervención del Estado en los aspectos de instrumentación de los apoyos de inversión. Y también que, más allá de los apoyos Estatales, la incorporación del riego implica también un esfuerzo de inversión de los productores ganaderos en otras áreas (fertilización, mejoramientos, infraestructura, etc.). Vale decir que "llevarle el agua a la portera" es condición necesaria pero no suficiente para viabilizar y hacer rentable el riego.

Un avance importante en el conocimiento de la temática, fue la realización del estudio sobre Riego Agropecuario en Uruguay (Failde et al., 2013) que tuvo por objetivo elaborar un análisis de la situación actual en materia de riego agropecuario para identificar los principales factores que inciden en su evolución y a partir de éstos, proponer lineamientos de políticas públicas que promuevan el desarrollo del riego en el país.

A los efectos de este análisis importan destacar los siguientes aspectos del mencionado estudio:

- Del relevamiento de experiencias y programas de apoyo para el uso productivo del agua surge claramente que la utilización de estos instrumentos de apoyo para el riego de pasturas o en sistemas de producción animal ha sido muy escasa. Esta constatación guarda lógica con el hecho de que la preocupación principal de los productores ha sido garantizar o mejorar el suministro de agua para los animales.

- Que persisten problemas a nivel del marco institucional (más que el normativo) que se constituyen en una barrera para una política de expansión del riego.

- Se recomienda que la política pública de promoción del riego incluya medidas de corto y mediano plazo así como instrumentos generales y específicos de promoción para impulsar la expansión del riego multipredial.

- Respecto a este último se plantea la creación de un programa de inversión que permita planificar la realización de las obras de riego multipredial (cuándo y dónde serán construidas). Se propone la realización de experiencias piloto en zonas claves que permitan generar aprendizaje sobre la actividad y se constituyan en referentes de los efectos positivos del riego. Estas experiencias deberían ser cuidadosamente elaboradas y trabajadas (sobre todo en el involucramiento y compromiso de los productores de las cuencas debajo de las represas) para evitar los errores del pasado.

- Es necesario generar las capacidades institucionales y de recursos humanos para el fomento y expansión del riego tanto en el ámbito público como privado. Formación y capacitación de profesionales y cuadros técnicos intermedios, operarios y productores rurales en las técnicas de riego pero también en la gestión y administración de los posibles emprendimientos asociativos y/o multiprediales.

Asimismo el MGAP, con el financiamiento aportado por el Proyecto Desarrollo y Adaptación al Cambio Climático (Proyecto DACC), ha realizado una convocatoria a organizaciones de productores a presentar anteproyectos colectivos de agua para producción animal, cultivos hortícolas, producción frutícola, cultivos forrajeros y/o graníferos, por parte de productores agrupados. Al ser un llamado de anteproyectos abierto y sin plazo, se puede inferir que en el corto plazo opera como una especie de relevamiento de las ideas que se están manejando en el medio. En otras palabras, una forma de estimar la posible demanda "natural inicial", por tanto, la no estrictamente inducida por la oportunidad del apoyo.

En función de la información relevada y analizando la medida desde una red de criterios se puede decir que:

- Las principales barreras a la adopción de esta medida en la ganadería se pueden dividir en aspectos generales y aspectos particulares. Los aspectos generales se refieren a los problemas del marco institucional, la falta de práctica en la implementación de estas técnicas en algunos rubros, los requerimientos de formación y la definición de los instrumentos de política para fomentarlos. Los aspectos particulares se refieren a la incertidumbre sobre su viabilidad técnica y económica en la ganadería.

- Respecto a su impacto existe coincidencia que es una medida estratégica a nivel del país y que es necesario avanzar en este sentido. Algunos informantes calificados, si

bien destacan su importancia, sostienen que no parece ser una medida generalizable a nivel de la ganadería al menos en el mediano plazo.

- La superación de las barreras supone una cantidad de desafíos a nivel de instrumentos de política. Muchos de ellos están en curso (por ejemplo los llamados del Proyecto DACC) y otros están en proceso de definición. Sin embargo lo clave parecería ser la definición de una estrategia consistente y sistemática, por etapas de concreción, de una política de promoción del riego y de instrumentos para aplicarla.

Es conveniente la realización de estudios de viabilidad técnica de las propuestas de riego en lechería y ganadería que consideren la disponibilidad de agua en sequías prolongadas, ya que es precisamente en los años de sequías cuando serían más necesarias y la sensibilidad de los sistemas de producción es mayor, sobre todo a medida que aumenta la dependencia del riego de cultivos como fuente de alimentación animal. Por otro lado, un tema que recibe menor abordaje en estudios de riego es lo relativo al impacto ambiental (aumento de erosión, uso de fertilizantes, y lavado de nutrientes y pesticidas hacia aguas superficiales y subsuperficiales). Estos temas deberían estudiarse en el escenario de una promoción del riego a nivel nacional.

La Tabla 5.3 presenta un resumen de las barreras, impacto y desafíos de instrumentos de política.

Tabla 5.3. Gestión multipredial del agua: barreras, impacto y desafíos de la medida

Barreras	Impacto	Desafíos de instrumentos de política
• Incertidumbre respecto a viabilidad económica y organizativa (especialmente en ganadería). • Legales - burocráticas. • Deben coincidir múltiples factores para su concreción. • No es fácil de adoptar.	• Estratégico a nivel país. • Poco generalizable al conjunto de productores ganaderos. • Importante como experiencias piloto de aprendizaje de la técnica.	1. Profundización de estudios. 2. Definición de sistemas de incentivo/subsidio y apoyo sostenible como política de Estado. 3. Creación de un marco institucional adecuado. 4. Facilitación de capacitación y asistencia técnica especializada en aspectos de riego y asociativos. 5. Realización de experiencias piloto: - Embalse multipredial en rubros con más viabilidad (agricultura). - Emprendimientos asociativos con riego para producción de granos y reservas para suplementación en ganadería.

Desde esta perspectiva la medida concreta analizada responde a la estrategia de vincular una tecnología de creciente aplicación en la ganadería (la suplementación) con la posibilidad de desarrollar una experiencia piloto de producción con riego (como forma de aproximación a la técnica y gestión colectiva) que puede ser apoyada con los instrumentos de política que ya están siendo aplicados.

Adopción de un sistema de producción basado en el manejo racional del campo natural

Descripción de la medida

Esta medida propone un manejo del campo natural basado en aumentar la altura de corte y la utilización de una carga adecuada como forma de restitución del potencial productivo de este recurso y generar una estrategia de resiliencia frente a eventos de sequía. Para analizar esta medida se realiza una comparación de los ingresos generados por dos alternativas de manejo ganadero de cría en campo natural caracterizadas cada una de ellas por el mantenimiento de distintas alturas de pasto promedio.

Análisis de impacto económico

Para la evaluación económica de esta medida se utilizan herramientas de simulación de producción ganadera en campo natural. En particular se usa el Modelo de Explotación Ganadera Extensiva (MEGANE) desarrollado por el Instituto Plan Agropecuario (IPA) (Dieguez, 2012). Dicha plataforma modela la relación entre ganado y crecimiento del pasto natural a través de un modelo biofísico, en el cual el clima tiene efectos tanto en la producción de pasto como en el desarrollo de las distintas categorías de vacunos. Incorpora, a su vez, medidas típicas de manejo en campo natural así como también los efectos del pastoreo simultáneo en un mismo potrero de ganado bovino y ovino. Dieguez (2012) y MGAP-FAO (vol.III, 2013) relatan los antecedentes del modelo, sus diversas aplicaciones, y realizan a su vez, una detallada descripción de los componentes del modelo y su funcionamiento.

El objetivo de esta evaluación es estudiar el efecto que tiene en los ingresos netos de un productor ganadero extensivo a campo natural un cambio en sus prácticas de manejo. Este cambio implica una mayor disponibilidad de pasto natural en el campo a través de un adecuado manejo de la carga ganadera por hectárea; dicha disponibilidad se vuelve más importante en aquellos momentos en que el clima tiende a ser más seco generalmente caracterizado por una escasez de comida para el ganado.

Un modelo de simulación como el MEGANE tiene la virtud de permitir aislar este efecto, ya que el manejo de la dotación por hectárea es una variable de input del modelo. Entonces, se lleva adelante un ejercicio de simulación que consta de dos escenarios de manejo productivo; por un lado, un productor que mantiene una carga alta por hectárea (estrategia "reactiva") y por otro, un productor que mantiene una carga más baja (estrategia "proactiva"). Las restantes variables de input del modelo son las mismas para ambos escenarios. Estas estrategias de manejo han sido analizadas en el marco del MEGANE por Dieguez (2012) y MGAP-FAO (vol.III, 2013), así como también en otros trabajos en el marco del modelo Sequía Basalto.

Este trabajo se diferencia de los anteriores en por lo menos dos aspectos. Primero, los trabajos anteriores han hecho simulaciones para un único año, mientras que en este análisis se consideran múltiples períodos. Segundo, más allá de los resultados productivos en cantidades de cada estrategia, el objetivo principal es el estudio de los resultados monetarios de éstas.

Dado que el presente trabajo centra su interés en dos zonas del país consideradas más vulnerables a los efectos del cambio climático, cuesta basáltica (CB) y sierras del este (SE),

y que a su vez forman parte de la población objetivo del Proyecto de Adaptación antes mencionado, se realiza este ejercicio de simulación calibrado para una de estas regiones, en particular la de CB. El modelo MEGANE permite especificar la ubicación geográfica de la explotación, a través de una caracterización de su clima mediante su propia tasa de crecimiento del pasto.

Para la región CB se estudian los impactos del cambio en las prácticas de manejo para un tamaño tipo de explotación fijado en 750 hectáreas. Se asume que dos tercios (2/3) del área total del establecimiento se dedican a la ganadería de cría y el tercio restante a producciones de otro tipo que no afectan directamente la producción de cría. Los tamaños tipo son determinados en base al área promedio de establecimientos mayores a 100 hectáreas de los departamentos que componen dicha región usándose datos de los Estratos III al IX de las Declaraciones Juradas de 2012 de la División Contralor de Semovientes (MGAP-DICOSE, 2013). Dicho promedio se encuentra en 866 hectáreas.

Por tanto, la evaluación de impacto económico se realiza a través de comparar los ingresos brutos de un productor de dicha zona que lleva adelante una estrategia productiva reactiva (carga aproximada y promedio de 1,1 unidades ganaderas –UG- por ha) versus un productor en iguales condiciones que emplea una estrategia proactiva (carga aproximada y promedio de 0,8 UG/ha).

Estableciéndose una continuidad con una fase anterior de este proyecto en esta simulación, se toman valores iniciales que coinciden con la simulación presentada en MGAP-FAO (vol.III, 2013). Dicha simulación fue realizada para tres tipos de años (malo, promedio y bueno) y establece conclusiones en base al porcentaje de preñez y la producción de kilos de carne por hectárea. Presentan, a su vez, un análisis de sensibilidad sobre el parámetro de altura inicial del pasto y sobre el parámetro que controla los efectos del clima.

El productor proactivo, para el que el principal foco de atención es la altura del pasto, mantiene en consecuencia una dotación animal por hectárea más baja permitiéndole realizar un entore temprano durante el verano. La Tabla 5.4 presenta los valores iniciales de la simulación para este tipo de productor. El peso inicial en pie en la simulación es de 350 kg, la altura inicial del paso es de 7 cm, y la dotación de ovinos es tal que mantiene un lanar por cada vacuno en el campo (1/1).

Tabla 5.4. Escenario de simulación para productor proactivo en cuesta basáltica: tamaño, dotación y valores iniciales

	Productor PROACTIVO					
	Unidades	Total Cría	Vaq. 1ra cría	Vaq. destete	Vaq. 1-2 años	Vacas 1+ crías
Área	Ha	500	75	63	63	300
Vacunos	Cabezas	368	53	53	53	211
Ovinos	Cabezas	368	53	53	53	211

Dotación en unidades ganaderas por ha (UG/ha): 0,8

Peso inicial de vacas: 350 kg en pie

Altura inicial del pasto: 7 cm
Relación lanar/vacuno: 1/1

Entore temprano en verano

El productor reactivo, por otro lado y detallado en la Tabla 5.5, mantiene una carga en UG/ha promedio mayor, de 1.1 UG/ha, realizándose el primer entore más tardíamente en otoño de manera tal que los vientres puedan llegar al servicio con un mayor peso dada la menor disponibilidad de pasto. El peso inicial de las vacas de más de una cría es de 320 kg y la altura inicial del pasto es de 5 cm. Mantiene una relación de cuatro lanares por cada vacuno en el potrero (4/1).

Tabla 5.5. Escenario de simulación para productor reactivo en cuesta basáltica: tamaño, dotación y valores iniciales

	Productor REACTIVO					
	Unidades	Total Cría	Vaq. 1ra cría	Vaq. destete	Vaq. 1-2 años	Vacas 1+ crías
Área	Ha	500	75	63	63	300
Vacunos	cabezas	404	58	58	58	231
Ovinos	cabezas	1385	231	115	115	923
Dotación en unidades ganaderas por ha (UG/ha): 1,1 Peso inicial de vacas: 320 kg en pie Altura inicial del pasto: 5 cm Relación lanar/vacuno: 4/1 Entore tardío en otoño						

Para ahorrar en espacio, se describe a continuación el ejercicio de simulación para el caso de un productor proactivo que maneja una carga de 0,8 UG/ha.

Se comienza con un productor ganadero que, entre otras actividades en el predio, se dedica a la cría comercial de ganado bovino a campo natural. Las fuentes de ingreso vienen dadas por la venta de terneros destetados, la venta de vacas de cría de refugo, venta de producción ovina, y aquellos ingresos generados por las otras actividades desempeñadas. De las 700 ha, el productor dedica 500 ha a la cría donde mantiene, además de los terneros, cuatro categorías de vientres: vacas de más de una cría, vaquillonas de primera cría, vaquillonas de 1 a 2 años, y vaquillonas destetadas. Las últimas dos categorías son utilizadas como remplazo.

Dicha división se realiza ya que el MEGANE contiene coeficientes específicos para el ciclo reproductivo de vaquillonas y de vacas de más de una cría. A su vez, se lleva un control del stock y del peso del rodeo de terneras de remplazo al final de cada estación ya que es de interés conocer si llegan con el peso mínimo requerido al momento de ser entoradas por primera vez. Se asume que este peso es 255 kg en pie y que si no es alcanzado, el productor les proporciona suplementación hasta alcanzar dicho peso.

El ciclo productivo, esquematizado en la Figura 5.5, comienza en verano con el entore de los dos rodeos de cría (vacas y vaquillonas). MEGANE determina el porcentaje de preñez de cada uno, lo cual separa cada uno en dos rodeos para la próxima estación (otoño). Las preñadas (o servidas) siguen su ciclo reproductivo normalmente, que avanza en los meses de gestación y donde ganan o pierden peso según la disponibilidad de pasto. Los vientres que no fueron preñados (falladas) son entorados nuevamente en la siguiente estación (otoño). El modelo nuevamente determina el porcentaje de preñez y consecuentemente las separa en otros dos rodeos, las preñadas y las falladas. Los vientres preñados conti-

núan evolucionando en su peso y mes de gestación hasta la siguiente estación (invierno), mientras que aquellas que fallaron por segunda vez son mantenidas en el campo donde ganan o pierden peso hasta el próximo entore en el verano del siguiente año. Por tanto el productor cuenta, para cada una de las categorías (vacas y vaquillonas), con un rodeo de falladas y dos rodeos de preñadas.

En la primavera, paren todas las vacas y vaquillonas que fueron preñadas en primera instancia, con lo cual éstas cambian de categoría y pasan a ser vacas con ternero al pie. Al momento de la parición hay una corrección a la baja del peso de las vacas o vaquillonas relacionado con el nacimiento del ternero. Esto es relevante ya que el cambio de categoría supone un cambio en los coeficientes del modelo de ganancia de peso. Se asume que la parición es tal que los terneros machos y hembras nacen con igual probabilidad (o sea 50%).

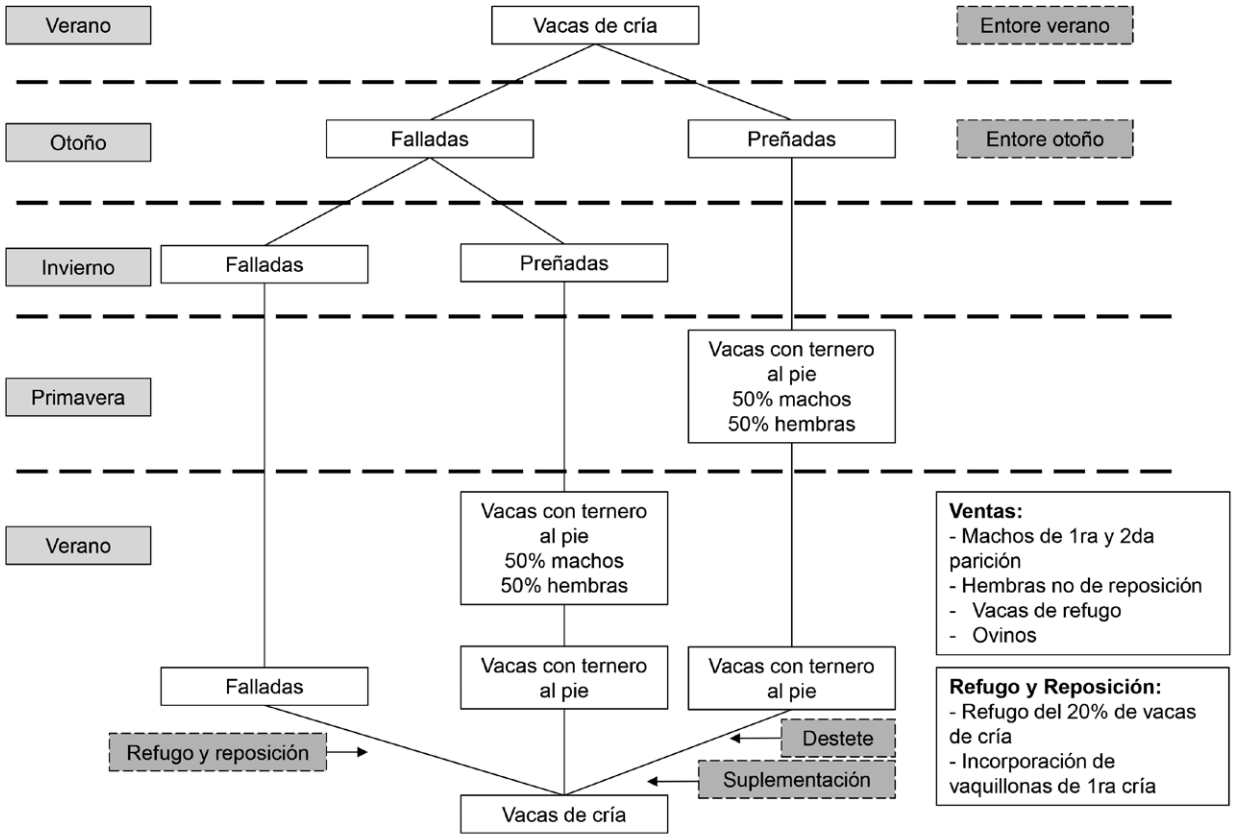
Seguidamente, el verano marca el fin del presente ciclo productivo y el comienzo del próximo. Por tanto sucede lo siguiente: (I) Pare el rodeo de cría que fue preñado en segunda instancia, donde las vacas pierden el peso correspondiente al ternero y pasan a la categoría de vaca con ternero al pie, nace un porcentaje igual de terneros machos y hembras. (II) Se descarta (se refuga y vende) el 20% del plantel de vacas de cría. Esto supone que las vacas son refugadas luego de su quinta cría. (III) Los vientres ascienden una categoría: las vaquillonas de primera cría pasan a ser vacas de más de una cría y se las repone con vaquillonas de uno a dos años. Éstas son a su vez repuestas con las vaquillonas destetadas. (IV) Al final del período se destetan todos los terneros. Se venden todos los machos. Se venden las hembras que restan luego de mantener aquellas para remplazo. El remplazo debe ser tal que se debe reponer ese 20% de vacas de cría refugadas (o sea el 14% de todo el plantel de vientres). (V) Ventas: como ya se dijo se venden todos los machos, las hembras que no son remplazo, y las vacas de refugo. (VI) Finalmente, se entoran los dos rodeos de cría (vacas de más de una cría y vaquillonas de primera cría), y el ciclo vuelve a empezar. (VII) Se obtienen los ingresos anuales correspondientes a la producción ovina (venta de corderos y venta de lana a precios de mercado).

El diagrama de vaquillonas de primera cría es similar, con la salvedad de que en vez de existir refugo de vacas en verano al final del ciclo reproductivo, hay un cambio de categoría del total de éstas que pasan a ser vacas de más de una cría. Asimismo, la reposición de ellas proviene del lote de vaquillonas de entre uno y dos años, las cuales también ascienden de categoría en su totalidad.

El objetivo es determinar el ingreso por ventas de las diferentes categorías: terneros, machos y hembras, y vacas de refugo. Estos ingresos son obtenidos anualmente en las ventas realizadas en verano al final de período reproductivo. MEGANE determina el peso de cada una de estas categorías y se asume que son vendidas al precio de mercado vigente. Lo mismo sucede con los ingresos por venta de la producción ovina (carne y lana). Los datos de precios son trimestrales y son tomados de las estadísticas de remates por pantalla de Pantalla Uruguay para el período desde 2000 a 2012. Los trimestres coinciden con aquellos del coeficiente climático, por tanto existe coherencia en los cambios de precios al ser afectados por los eventos climáticos. Esto es, la correlación entre precios y clima es tomada en cuenta al utilizar datos históricos consistentes de ambas variables.

Para cada año se calcula el gasto incurrido en suplementación del rodeo de cría que ocurre en años de escases de comida (pasto). Se asume que las vacas de cría y las vaquillonas de primera cría son suplementadas si su peso resulta menor a 280 kg, y las vaquillonas de

reposición si es menor a 255 kg. La eficiencia de conversión es de 8 kg de materia seca por cada 1 kg de peso vivo para las vacas de más de una cría y 7 kg para las vaquillonas de primer cría y de reposición (Carriquiry, 2009).



Fuente: elaboración propia.

Figura 5.3. Esquema de ciclo productivo y de manejo anual. Ejemplo de productor proactivo en campo natural

La variación del clima es introducida en el MEGANE a través del coeficiente climático que es un dato de frecuencia trimestral (coincide con cada estación del año) que representa la tasa de crecimiento del pasto (en kg/ha). El coeficiente clima fluctúa alrededor de 1 representa el promedio histórico de crecimiento para la estación correspondiente. Este coeficiente utiliza datos de teledetección a nivel de predio o potrero (MGAP-FAO, vol.III, 2013). La Figura 5.4 muestra el coeficiente climático para el período 2000 al 2012.

Para extraer conclusiones acerca del efecto de un cambio en las prácticas de manejo hacia una de menor carga en UG/ha, se compara el flujo anual de ingresos del productor reactivo con aquel del productor proactivo. Esto supone que tomamos el caso del productor reactivo, por ser el que predomina en la UP objeto de estudio como la línea de base, y el escenario de comparación lo constituye el cambio de la práctica de manejo representada por un productor proactivo.

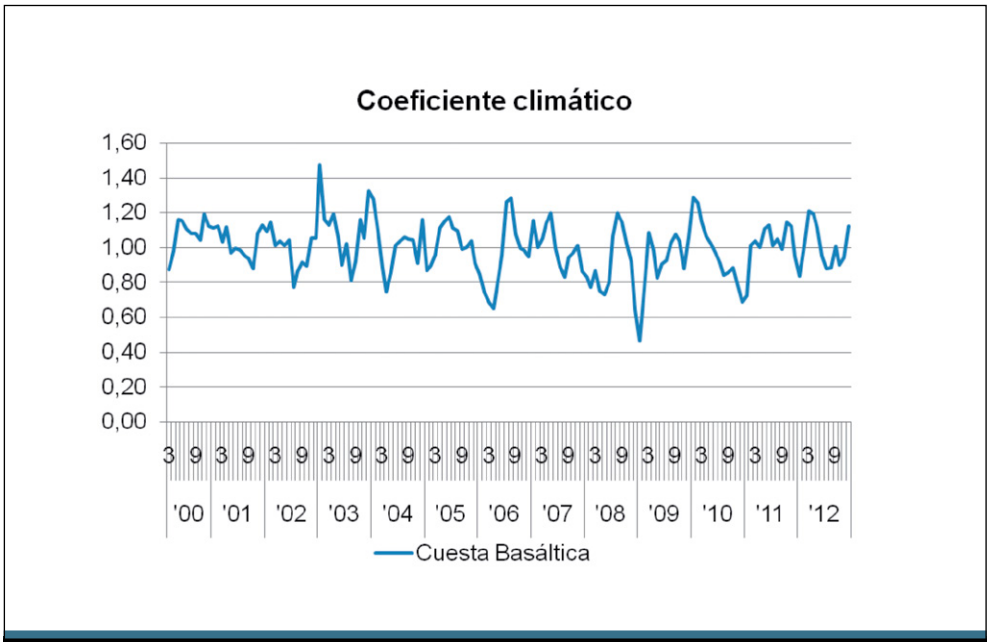


Figura 5.4. Coeficiente climático para la región cuesta basáltica en 2000-2012

A su vez, la implementación de esta medida no requiere inversiones en infraestructura o una diferencia considerable en el uso de insumos, por tanto la comparación se realiza en términos de ingresos brutos, descontados los costos directos de suplementación.

Resultados de la simulación. Los resultados de la simulación indican que el cambio en la estrategia de manejo es positivo desde el punto de vista de la generación de ingresos (netos de gastos de suplementación). El productor proactivo genera mayores ingresos en todos los años del estudio, tal como lo muestra la Figura 5.5.

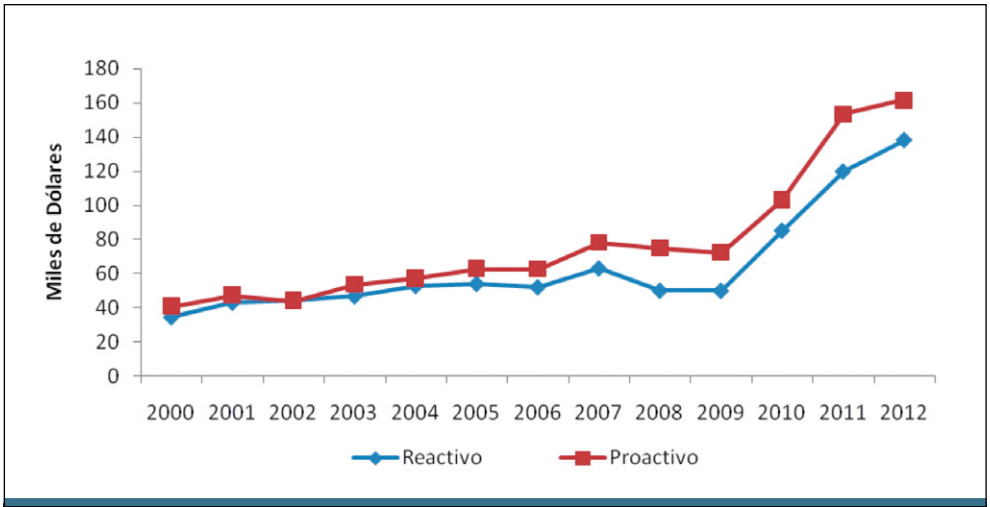


Figura 5.5. Ingresos anuales netos de suplementación. Período 2000-2012 en dólares corrientes

La mayor brecha en los años más recientes tiene que ver con el aumento sostenido de precios recibidos por los ganaderos. Esto queda más claro al analizar los resultados en términos proporcionales, esto es, los ingresos generados por el reactivo como porcentaje del proactivo. La Figura 5.6 muestra que el reactivo ha generado ingresos estrictamente por debajo del proactivo en prácticamente todos los años alrededor (salvo en el año 2002 que fueron prácticamente iguales a raíz de un importante salto en el precio de la lana que relativamente impacta más al reactivo). En el período de estudio, el reactivo obtuvo ingresos inferiores ubicándose en promedio en el 85% de los generados por el proactivo. Dicha relación se mantuvo relativamente estable a lo largo de período.

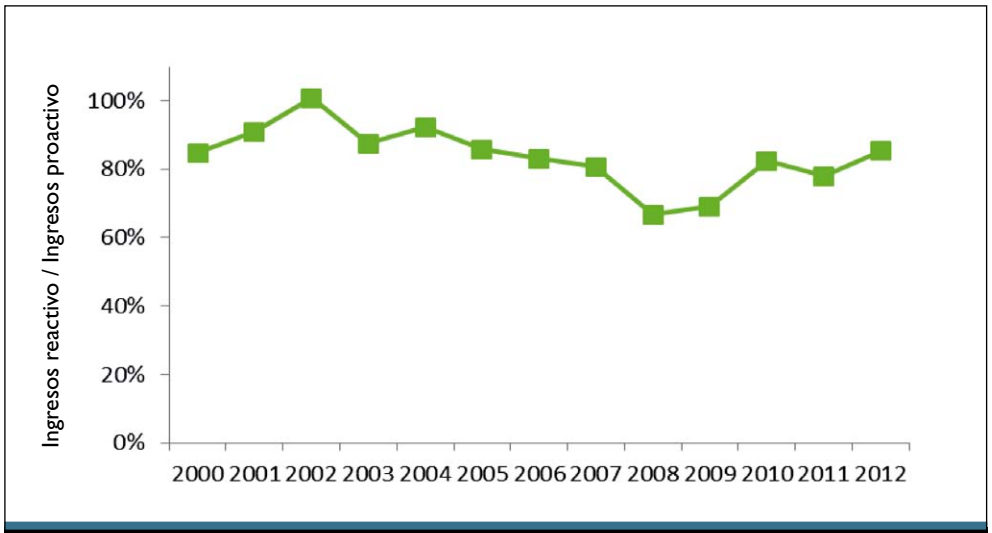


Figura 5.6. Proporción de ingresos anuales netos de suplementación. Período 2000-2012

A su vez, la figura permite ver el efecto de un año seco (como es el caso de 2009) en la capacidad de hacer frente a un evento de estas características para cada tipo de productor. El reactivo es notoriamente afectado por dicho evento por una doble combinación de un bajo porcentaje de preñez, y un bajo peso al momento de venta de terneros y vacas de refugo (bajo relativo a su promedio histórico). A eso se le suma el hecho de incurrir en costos de suplementación que penalizan aún más sus ingresos.

Se observa también que el productor proactivo apenas fue afectado por el evento, lo que implica entonces un alto grado de resiliencia ante la sequía, tal cual se pregona entre los filosóficamente adeptos a esta práctica de manejo. Además, si se toma en cuenta solo la producción bovina, los efectos diferenciales a favor del productor proactivo son sensiblemente mayores.[1]

Por otro lado, es importante resaltar que el efecto de un año seco no se reduce a dicho año sino que tiene consecuencia en períodos posteriores, principalmente para el productor reactivo. Esto es, la recuperación del peso del rodeo de cría está lejos de ser inmediata (generando bajos porcentajes de preñez en años sucesivos y una producción de terneros diezmada no sólo en cantidad sino también en peso de venta). Los resultados de la si-

1 Resultados disponibles a solicitud a los autores.

mulación indican que al productor le llevó alrededor de tres años recomponerse de este evento climático negativo.

Cabe señalar que no se están tomando en cuenta otros costos de manejo como pueden ser la sanidad o costos operativos de suplementación. Asimismo, la implementación de esta medida no requiere a priori inversiones en infraestructura predial o mayor uso de insumos. El mayor gasto por sanidad del productor proactivo por tener mayor cantidad de terneros puede ser contrarrestado por un mayor gasto de sanidad del reactivo por tener más ganado de cría. La suplementación (que ocurrió sólo en el productor reactivo) implica costos operativos y de desperdicio que no están considerados y por tanto los ingresos del productor reactivo están sobrevaluados, reafirmándose entonces las conclusiones a las que arriba el estudio. Se entiende, a su vez, que el diferencial de ingresos entre un escenario y otro es tal que estas consideraciones no deberían cambiar los resultados, al menos cualitativamente.

Análisis de barreras, impacto y posibles medidas

Los expertos técnicos entrevistados hacen énfasis en que los cambios en el negocio ganadero son la principal justificación y motivación para la adopción de ciertas medidas que conjugan una mayor resiliencia del sistema productivo con una mejor ganancia.

En esta línea una medida como el manejo racional del campo natural ajustando la carga a la disponibilidad de forraje y como forma de su restauración, no solo opera como un "seguro" frente a eventos como la sequía sino que permite aumentos consistentes de la productividad.

La promoción de la adopción de sistemas de producción ganaderos que centren su estrategia en un manejo racional del campo natural y una carga adecuada parece ser una medida de mayor consenso a nivel técnico y que podría ser adoptada por un alto número de productores sin incurrir en grandes inversiones (Soca, 2012). Asimismo, esta propuesta de manejo tendría ventajas de tipo ambiental como favorecer la fijación de carbono del suelo, disminuir la huella de carbono de la ganadería, y conservar la biodiversidad, entre otras.

Sin embargo no parece ser prioritaria para los productores (aunque reconocen que se trabaja con cargas elevadas) y por ende las principales barreras "aparentemente" serían de información, formación y adopción.

Al respecto se habla de la necesidad de instalar el concepto de "proceso" continuo y por etapas que permita a los productores transitar el cambio técnico y de prácticas (productivas, administrativa y de gestión). Los pasos para el manejo del campo natural antes de vender los animales o bajar la carga supone contar con una adecuada subdivisión de potreros, el manejo de categorías por potrero, la rotación en el uso de los mismos, etc.

Desde esta perspectiva se identifica que las principales barreras están asociadas a la capacidad de gestión y cambio que tengan los productores para transitar el proceso de adopción de estas nuevas prácticas.

Para facilitar este proceso se señala también la necesidad de contar con una adecuada capacitación tanto en los aspectos técnicos como de gestión y organización. También se visualiza que es necesario contar con apoyos en asistencia técnica y acciones de transferencia y extensión.

Dado que estas nuevas prácticas pueden suponer inversiones que implican riesgos no siempre asumibles por parte de productores familiares o medianos, se señala la necesidad de apoyar con fondos (con cierto nivel de subsidio a los productores de menor escala que son los que en general registran una mayor carga y tienen mayores dificultades financieras para bajarla) que hagan viable su concreción.

Uno de los informantes calificados también proponía el apoyo a la creación de campos de uso asociativo de respaldo a los productores de menor escala que permitan por un lado bajar la carga en sus predios y mantener cierta cantidad de animales en el campo en común. Experiencias que ya de alguna forma se han venido instrumentando en el marco de las acciones del Instituto Nacional de Colonización (INC).

Por tanto los desafíos principales de política que permitan superar las barreras tienen que ver con la articulación de las capacidades de acción de los diferentes componentes de la institucionalidad pública agropecuaria tanto en términos de investigación como de formación y extensión. También supone focalizar parte de los instrumentos de política que existen actualmente para apoyar la adopción e implementación de estos sistemas. Incluso aquellos que apuntan al fortalecimiento de las organizaciones de productores que deberían ocupar un rol fundamental en las acciones de formación y transferencia.

Un avance en la articulación institucional ha sido la creación de la Mesa de Campo Natural que permite armonizar, en opciones de prácticas productivas, los diferentes conceptos e instrumentos que se manejan, pues éstos cobran diferentes significados y alcances según la institución que se trate. Es deseable que no exista un solo modelo o "paquete cerrado", pero a su vez, sus implicancias en términos de inversión, riesgo asociado, cambio de prácticas culturales y de gestión no sólo son diferentes sino que también pueden suponer mayores o menores dificultades para la adopción. En la Tabla 5.6 se presenta un resumen de lo expuesto anteriormente:

Tabla 5.6. Manejo de la carga por hectárea: barreras, impactos y desafíos de la medida

Barreras	Impacto	Desafíos de instrumentos de política
A nivel de los productores: • Barrera cultural y de manejo tradicional. • Falta de formación en tecnologías de proceso. • Temor a la descapitalización. • Falta de formación en gestión. **A nivel institucional:** • Proyectos dispersos de apoyo técnico para fomento de práctica. • Diversas acciones no integradas.	• Estratégico a nivel país. • Potencial de aplicación en amplio universo de productores. • Aprovecha potencialidades propias de los predios y la región.	1. Desarrollo de sistemas de transferencia tecnológica sostenibles (Asistencia Técnica / Formación). 2. Instrumentos de apoyo para disminuir riesgos en el proceso de cambio técnico (apoyo a inversiones, campos de pastoreo en común, etc.). 3. Articulación de la acción de la institucionalidad pública: - En investigación y transferencia: Ejemplo de la Mesa de Campo Natural. - En utilización de instrumentos de apoyo: por ejemplo cierta priorización de este tipo de prácticas en llamados proyecto DACC[16] o en Fortalecimiento Institucional[17]. - En programas de ejecución multiinstitucional: Por ejemplo el Proyecto de Adaptación al cambio climático en la ganadería familiar.

Estrategias de obtención de forrajes y suplementos gestionados por organizaciones de productores

Descripción de la medida

Esta medida propone la constitución de bancos de forraje que tienen como beneficiarios productores ganaderos familiares en las UP objeto de estudio. Consiste en la implementación de servicios de producción de forraje para alimentación de ganado bovino en la que se plantea la posibilidad de que el servicio sea administrado y mantenido por algún tipo de organización formal de productores. La disponibilidad de esta herramienta permite al productor no solo hacer frente a eventos climáticos adversos con un respaldo alimenticio para su ganado, sino también acceder a forraje para suplementar ciertas categorías bovinas en años no necesariamente climáticamente extremos.

Análisis de impacto económico

El análisis de esta medida se realiza a través del tratamiento de un estudio de caso. En particular se describe la experiencia exitosa de un grupo de productores asociados alrededor de una cooperativa en la zona de sierras en el departamento de Maldonado.

Se trata de la implementación de un servicio de producción de grano húmedo de sorgo que implementa una cooperativa ubicada en una zona ganadera. Se asume que el servicio ha ido evolucionando en área y número de productores hasta involucrar a 30 socios. El sistema operativo del servicio es:

- Los productores se anotan en el programa estableciendo una cantidad de toneladas de grano húmedo de sorgo, el cual implica una cierta cantidad de hectáreas a cultivar. Se establece una fecha máxima de inscripción luego de la cual los productores interesados quedan en lista de espera.
- La cooperativa arrienda chacras entre los productores socios para plantar el área de sorgo necesaria.
- La siembra y mantenimiento del cultivo son responsabilidad de la cooperativa. La maquinaria es de propiedad de la cooperativa y fue adquirida con fondos propios más un complemento aportado por un reducido grupo de productores más grandes, los que a cambio, se benefician de tener prioridad en la prestación del servicio.
- La cosecha, picado, embolsado y distribución del producto están a cargo de un contratista por requerir maquinaria más específica. El grano húmedo de sorgo correspondiente a lo que cada productor contrató es entregado y embolsado en su predio.
- Los productores que integran el programa, costean el servicio en dos pagos: uno luego de la siembra y el siguiente contra entrega del producto. Existe una tarifa diferencial según la distancia.

Diversos factores llevaron a la decisión de iniciar este programa, entre ellos se destacan los siguientes:

- La existencia entre los productores de incertidumbre en el futuro de la ganadería, con desafíos provenientes del contexto que ponían a prueba la competitividad de los sistemas tradicionales de la región.
- El convencimiento de que era necesario encontrar estrategias para crecer hacia adentro, aumentando la productividad.
- Los precios crecientes de las raciones.
- Para muchos de los socios de la cooperativa, la existencia de problemas de escala y la falta de tierras aptas imposibilitaba el acceso a este tipo de recursos.
- La buena situación financiera de la cooperativa que le permitió, llegado el momento, financiar la operativa lo que no había sido posible en la década de 1990.

Del análisis realizado del caso de estudio se identifican los siguientes aspectos positivos de la iniciativa:

- El servicio ha sido útil a los productores usuarios ya que les permitió acceder a una tecnología novedosa en su entorno productivo y territorial. El grano se utilizó fundamentalmente para la suplementación de vaquillonas para llegar en mejor estado corporal al primer servicio.
- Los productores han accedido a la suplementación a un costo competitivo (respecto al precio vigente en el mercado), pero más aun considerando que por su ubicación en una zona no agrícola, la disponibilidad en el mercado no está garantizada en los momentos que se requieren y a un precio razonable.
- Los productores han logrado producir su propio forraje para el ganado cuando en realidad ellos no necesariamente son productores tradicionalmente agrícolas; el valerse de la capacidad organizativa, de gestión y de transmisión de conocimiento de la institución que los agrupa ha permitido el logro de este objetivo.
- La adquisición de capacidades en el uso de la tecnología ha permitido que ésta se extienda en la zona de influencia de la cooperativa. Esto lo ha hecho no solo usando el operativo de grano húmedo de la cooperativa sino incorporando la técnica por otros medios.
- La cooperativa mejora su posicionamiento ante sus socios al brindar un servicio funcional a una nueva necesidad de los mismos y al diversificar sus acciones.

En contrapartida, de la experiencia analizada surgen algunos aspectos que se deberían tener en cuenta al momento de propiciar medidas de este tipo:

a) Si bien la estrategia de contratación del equipo de cosecha y embolsado es una forma de iniciarse en la experiencia sin incurrir en grandes inversiones y riesgos, la evolución del servicio puede suponer la necesidad de contar con equipamiento propio. Esto implica la necesidad de estudiar la factibilidad de la inversión y la sostenibilidad del servicio en el tiempo.

b) Existen tensiones entre los plazos disponibles para terminar la operativa y los tiempos óptimos de procesamiento del sorgo para el embolsado (velocidad de picado). Esto es más agudo cuando el equipo de cosecha es contratado.

c) Se requiere por parte del operador del servicio (la cooperativa o el emprendimiento asociativo) cierta capacidad financiera y operativa, pues en la práctica siempre existe un desfasaje financiero entre los requerimientos económicos de la actividad y el pago de los usuarios por el servicio.

d) Es importante destacar que la implementación de la operativa supone también una importante acción de promoción previa (jornadas técnicas de información, proceso de identificación y planificación del servicio, difusión, etc.), así como de asistencia técnica (tanto en los aspectos operativos del servicio como en el adecuado uso de la tecnología a nivel predial). Acciones que difícilmente son financiables por la operativa y que por la importancia que tienen en el buen suceso de la experiencia, deberían ser objeto de apoyos externos.

En tanto las consideraciones económicas son las siguientes:

Se detalla la estructura de costos del servicio asociativo de producir, distribuir y ensilar grano húmedo de sorgo entre los productores participantes del programa. La Tabla 5.7 presenta estos valores.

Tabla 5.7. Estructura de costos de producción, distribución y ensilaje de sorgo de grano húmedo

Ítem	Unidad	2011	2012
Implantación	USD/HA	364	392
Cosecha	USD/HA	91	98
Embolsado	USD/HA	75	88
Fletes	USD/HA	37	57
Renta	USD/HA	70	100
Otros, Asistencia Técnica	USD/HA	28	29
Total Costos por HA	USD/HA	665	764
Rendimiento	MT/HA	4.20	4.84
Costo por tonelada	USD/MT	157	158

Nota. Implantación incluye herbicidas, semillas, fertilizante y maquinaria.

La Tabla 5.8 muestra que la estructura de costos para el productor de la cooperativa es comparable con datos de la literatura, se toma como referencia el estudio de Rovira (2010) y se actualizan los precios en dólares corrientes a dólares constantes de 2012 mediante un índice de precios de ***commodities***.

Tabla 5.8. Estructura de costos de producción, distribución y ensilaje de sorgo de grano húmedo

Ítem	Unidad	Rovira (2010)	Caso de estudio	
		2010	2011	2012
Insumos y servicios	2012 USD/HA	465	530	578
Fletes	2012 USD/HA	37	37	57
Renta	2012 USD/HA	70	70	100
Otros, asistencia técnica	2012 USD/HA	28	28	29
Total Costos por HA	2012 USD/HA	601	665	764
Rendimiento	MT/HA	4.85	4.20	4.84
Costo por tonelada	2012 USD/MT	124	158	158
Costo por tonelada	2012 USD/MT	137	157	158
Costo por tonelada	2012 USD/MT MS	191	218	219

Nota. Insumos y servicios incluye implantación (herbicidas, semillas, fertilizante y maquinaria), cosecha y embolsado.

Como forma de evaluar el resultado económico para los productores, se comparó el costo final para éstos con el precio del mercado vigente en 2012, todos los valores fueron expresados en toneladas de materia seca y a precios constantes del 2012. Para la conversión a toneladas de materia seca se asume que el producto es cosechado con un 28% de humedad y los precios de mercado son ofrecidos con base 14% de humedad.

Tabla 5.9. Comparación de costos de producción con precio de mercado. En dólares por tonelada de materia seca

Ítem	Unidad	Caso de estudio		Mercado
		2011	2012	2012
Costo por tonelada	2012 USD/MT MS	218	219	236

En términos de toneladas de materia seca el estudio de caso resulta en un costo a precios constantes para ambos años de 218 y 219 dólares, cuando el precio vigente de mercado en la zona de influencia era de 236 dólares, según informantes calificados. Este último precio es 203 dólares con base 14% de humedad puesto en el establecimiento e incluye flete y embolsado.

Si bien para este estudio se presenta información productiva y de costos correspondientes a las zafras de 2011 y 2012, un análisis de las zafras anteriores arroja resultados cualitativamente similares, incluso desde el primer año de operativa.

Por tanto, los productores asociados a esta iniciativa han logrado en los últimos dos años obtener el suplemento reservado no solamente a un precio competitivo sino también con un grado de seguridad que no lo podría garantizar el mercado dada la ubicación geográfica de éstos.

Análisis de barreras, impacto y posibles medidas

El contexto sectorial y los eventos climáticos adversos han ido generando un creciente conocimiento y aplicación de prácticas de suplementación a nivel de los sistemas de producción ganaderos de cría.

Está práctica forma parte de las herramientas tecnológicas disponibles y es funcional a diferentes sistemas de producción. Su versatilidad, la posibilidad de visualizar rápidamente su respuesta y una relación de precios relativamente favorable son algunas de las explicaciones manejadas por los informantes calificados.

Es desde esta perspectiva que en general se valora pertinente facilitar la utilización de reservas forrajeras y fuentes proteicas ya sea mediante la gestión asociativa de servicios de producción (por ejemplo operativos de producción de grano húmedo de sorgo) o instrumentar dispositivos de compra conjunta de concentrados o granos (por ejemplo grano de sorgo). Para ello el MGAP está implementando una serie de programas que tendrán instrumentos de apoyo en estas áreas.

Es claro que las estrategias asociativas para la producción de reservas es una práctica probada y validada en el sector lechero. En este sentido la medida a promover no plantea desafíos tecnológicos pero sí de organización en un contexto productivo-organizativo diferente (zonas ganaderas) o de viabilidad económica y logística cuando se trata de una herramienta destinada a productores de menor escala o familiares (situación no resuelta todavía a nivel de la producción lechera familiar). Hay experiencias a nivel del sector ganadero, como la operativa de producción de grano húmedo de Aiguá que funcionan bien y se han mantenido en el tiempo, pero todavía son pocas.

Por lo tanto las barreras identificadas para esta medida se refieren a los pocos antecedentes que existen en las regiones consideradas, a la necesidad de formación por parte de los actores del emprendimiento asociativo y a los requerimientos de logística y presupuestarios que supone la prestación de servicios de este tipo a productores familiares en estas zonas.

Otro tema vinculado es sobre qué aspecto de la medida se busca poner énfasis ya que una estrategia de apoyar "bancos forrajeros" puede admitir diferentes acciones; algunas de las más utilizadas son:

- La producción de reservas y granos en un campo común de uso asociativo, práctica que ha sido apoyada por ejemplo por el Instituto Nacional de Colonización en articulación con el MGAP.

- La implementación de un servicio asociativo de producción de grano húmedo gestionado por una organización de productores, medida que fue analizada por este estudio. Ésta admite variantes que van desde el arrendamiento de campos y la siembra de cultivos por parte de una cooperativa o asociación hasta la organización de la demanda para mejorar la capacidad de negociación con los contratistas.

- Finalmente otra alternativa puede ser la implementación de un operativo de financiamiento y compra de granos en momentos estratégicos. Esta opción ha ido cobrando fuerza en la medida que se ha mejorado la relación de precios, la implementación de los planes de uso y conservación de suelos (que incorpora en la rotación cultivos como el sorgo) y a partir de las lecciones aprendidas por parte de los propios productores y sus organizaciones.

Desde la perspectiva de la promoción de este tipo de emprendimientos, parece conveniente considerar las diferentes posibilidades que existan o se puedan diseñar. Vale decir que no se trata de priorizar o impulsar un solo tipo de medida sino a aquellas que sean más pertinentes de acuerdo al contexto productivo y económico, la realidad de la zona, las características de los participantes y las capacidades institucionales. La idea principal es concebir a la herramienta asociativa como una resolución viable y sostenible de necesidades "objetivadas" de organizaciones y grupos de productores. La Tabla 5.10 resume los principales aspectos respecto a esta medida.

Tabla 5.10. Bancos de forraje gestionados por organizaciones: barreras, impactos y desafíos de la medida

Barreras	Impacto	Desafíos de instrumentos de política
A nivel de los productores: • Falta de experiencia en la gestión de estas prácticas organizativas. • Necesidad de capacidad financiera (especialmente para pequeños productores). **A nivel de la región:** • Falta de servicios e infraestructura. • A nivel de las experiencias: - Limitantes de equipamiento. - Costos operativos - Necesidad de capital de giro	• Facilitan incorporación de nuevas prácticas de impacto estratégico en la producción. • Favorecen integración productiva y de actores en el territorio. • Incrementan capital social.	1. Instrumentación de instancias de formación en emprendimientos asociativos. 2. Precaución de apoyar la identificación y eldesarrollo de múltiples respuestas de acuerdo a necesidad y contexto específico. 3. Diseño de instrumentos de apoyo financiero en base a compromisos de gestión. 4. Facilitación de mecanismos de asistencia técnica en el momento de identificación y análisis de factibilidad del emprendimiento. 5. Desarrollar sinergias con otras políticas de apoyo.

Incorporación de montes de sombra y abrigo

La importancia de los bosques como abrigo y sombra para la ganadería y los cultivos ha sido reconocida desde hace muchos años. Ya en el año 1940, se establecía la importancia de éstos y se planteaban modelos tanto de cortinas rompevientos como bosques de sombra, recomendándose una cobertura necesaria de bosque de un cuarto de hectárea por cada 250 ha.

La investigación en los últimos años y ha intentado cuantificar las ventajas de contar con sombra para el ganado:

- Simeone et al., (2010), en su trabajo para Forestal Oriental en Tres Bocas, departamento de Paysandú, estudiaron el pastoreo de vaquillonas en áreas de campo natural de bajo, con acceso voluntario a sombra proveniente de plantaciones forestales. Encontraron que las vaquillonas mejoran su performance animal en torno al 50%, 250 g/día, respecto de las que no acceden a sombra. Las que accedían buscaron sombra en los momentos de mayor estrés térmico; el mejor confort térmico es probable que explique la mejor performance observada.

Las observaciones de comportamiento evidenciaron un mayor tiempo total de descanso a la sombra de vaquillonas con acceso a sombra durante el período diurno: las vaquillonas con sombra permanecieron 35,7% del tiempo en los montes y 56,8% pastoreando mientras que las vaquillonas sin sombra pastorearon el 78,8% del tiempo.

Considerando las condiciones de clima, estudiadas también en este trabajo, es probable que el acceso a sombra haya contribuido a generar condiciones de mayor confort para el animal, lo que habría redundado en una reducción del gasto energético para mantenimiento y por tanto en un balance energético más favorable.

- Los mismos autores citan un trabajo anterior, realizado por ellos en el año 2008, donde encontraron que los animales en pastoreo sin encierro a la sombra tuvieron una ganancia diaria de 0,66 kg/día, mientras que la de animales en pastoreo con encierro a la sombra fue de 0,93 kg/día. El experimento mostró que la ganancia diaria de peso en verano de animales con encierro a la sombra compensó el menor tiempo de acceso a la pastura incrementándose la actividad de pastoreo al reingresar a la parcela en la tarde y hasta el anochecer, y por tanto se mantuvo el consumo diario de forraje con respecto a los que pastorearon todo el día de continuo sin acceso a sombra.

- Rovira y Velazco (2007), en la Unidad Experimental Palo a Pique (UEPP) de INIA Treinta y Tres, encontraron que el acceso voluntario de los novillos a sombra artificial, registró para el promedio dos veranos (2007 y 2002), un aumento del 14% en la ganancia diaria de pastoreo en Sudangrass.

Los beneficios de los macizos y cortinas forestales son directos, cuando se vende la madera, e indirectos, cuando ayudan a controlar la erosión, mejoran el confort de los operarios en el campo y colaboran con la producción de miel cuando se eligen especies con floración complementaria a las de las praderas. Desde punto de vista ambiental, plantar árboles (si no son cortados) asegura fijar CO_2 y con ello mejorar el balance de gases con efecto invernadero ante las emisiones de metano del ganado vacuno; pero además en forma indirecta, permite introducir prácticas de manejo de la pastura asociadas a la carga y presión de pastoreo que también ayudan a disminuir la emisión de gases con efecto invernadero (Pinheiro, 2009).

En este contexto una de las líneas de trabajo del Programa Ganadero (Acosta y Pastorini 2011; Pastorini et al. 2011) fueron los planes de integración de la forestación a la ganadería. Integrar la forestación a sus predios es una opción para contribuir a levantar estas restricciones a través de la articulación de tres manejos básicos: sombra (polígonos y cortinas), empotreramiento y distribución de aguadas. Se apoyaron unos 56 planes de integración de la forestación a predios ganaderos que involucraron unas 12 452 ha totales en 14 departamentos. El componente forestal en estos planes se expresó en la plantación de cortinas y polígonos para sombra y abrigo, sistemas integrados agrosilvopastoriles y manejo de monte nativo que implicaron unas 254 ha.

La experiencia fue valiosa en términos de aprendizaje, ajuste de los modelos de intervención y generación de antecedentes. Sin embargo también revela el bajo interés o prioridad que los productores mostraron por esta línea de apoyo.

Un estudio realizado por Tamosiunas (2012), investigadora del Grupo Disciplinario de Gestión de Empresas Agropecuarias del Departamento de Ciencias Sociales de FAGRO, respecto a los factores que inciden en los productores ganaderos para incluir árboles, indica que la falta de proveedores para la plantación de pequeños macizos al servicio de la ganadería y el costo de una planificación estratégica multidisciplinaria para el largo plazo es una barrera para la inclusión forestal en pequeños productores.

Al decidir plantar los costos son accesibles pero se planifican solamente como abrigo y sombra, y no suele considerase la venta de madera como ingreso. Las decisiones de inversión se demoran ya que se priorizan el forraje y las aguadas por su retorno inmediato. A su vez, los subsidios, aunque bien valorados, no llegan a ser un incentivo suficiente para forestar.

Los informantes calificados entrevistados coinciden en la apreciación de que los productores si bien reconocen las ventajas de contar con montes de abrigo priorizan otras inversiones. Entienden que hay una mayor conciencia y que esto junto al buen contexto sectorial podría habilitar a una mayor predisposición hacia este tipo de prácticas.

La inclusión de bosques en los sistemas productivos, ha sido considerada importante por la Dirección General de Desarrollo Rural (DGDR) incorporándola dentro de las medidas estratégicas para el periodo 2011-2015 por entender que esta herramienta bien utilizada, ayudará a los pequeños y medianos productores a disminuir su vulnerabilidad. En función de lo anterior se ha realizado una convocatoria para la presentación de Planes Agroforestales con la intención de impulsar la integración de la forestación en los predios de productores familiares, a través de la plantación de bosques protectores en el sistema productivo actual, que junto al mejoramiento de la pastura, empotreramiento, distribución del agua, riego y medidas de manejo, ayuden a reducir la vulnerabilidad de los sistemas productivos, así como el cuidado de los recursos naturales, para obtener múltiples beneficios productivos, económicos y ambientales.

De igual forma es de esperar que el Proyecto de DACC incluya también convocatorias a la presentación de iniciativas para la incorporación de sombra en predios ganaderos. Sin embargo las condiciones establecidas para este proyecto supone la forestación con especies nativas, lo cual puede ser un inconveniente a la hora de su adopción por parte de los productores.

En resumen:

- Es relevante como medida de adaptación pero no es una práctica "novedosa" para los actores productivos, a diferencia de las otras medidas analizadas. Lo novedoso sería un enfoque de trabajo multidisciplinario donde junto a la forestación se encaren otras medidas tales como el manejo de pasturas y división de potreros.
- Los informantes calificados entrevistados entienden que existe una mayor conciencia a nivel de los productores sobre los beneficios de esta medida.
- Las dificultades y barreras se asocian a la percepción de las ventajas de esta medida frente a otras prioridades de inversión (forraje, fuentes de agua, subdivisión de potreros, etc.), así como también a la falta de recursos técnicos que puedan manejar un planteo multidimensional de la práctica, y en los casos que existen estos equipos, su costo para intervenciones de escala baja a media.

Análisis multicriterio de las medidas de adaptación a la variabilidad y cambio climático

Se realiza una evaluación multicriterio de las medidas de adaptación a la VCC objeto de estudio a través del IUPA. Las medidas evaluadas son: I) la gestión multipredial y/o asociativa del agua para fines productivos, II) la adopción de un sistema de producción basado en un manejo racional del campo natural, y III) las estrategias de obtención de forrajes y suplementos por organizaciones de productores.

Esta metodología de evaluación cualitativa, consiste en establecer una serie de criterios a través de los cuales se pretende evaluar las prácticas de adaptación. Luego, dado que los diversos criterios tienen distinto grado de relevancia, se determinan los pesos relativos de cada criterio asignándoles un valor de entre 0 y 10. Para permitir una comparación entre sí, estos pesos relativos así como la definición de los criterios, son los mismos para las tres medidas analizadas en esta sección. Seguidamente, se establece una nota para cada criterio en función del comportamiento de dicha medida respecto al cumplimiento del correspondiente criterio (claramente esta nota es específica de cada medida estudiada). Finalmente, se construye el IUPA para cada política mediante la suma ponderada de las notas asignadas, donde los ponderadores son los pesos relativos. Aquella medida que tenga un mayor valor del índice es la que posee la mejor evaluación a través de este método.

La Tabla 5.11 detalla el conjunto de 14 criterios seleccionados para esta evaluación, así como también su definición y peso relativo, basado en Aldunce y Debels (2008).

Se evalúan por esta metodología las medidas propuestas para establecer una nota a cada criterio. Dicha nota se recoge combinando la opinión de los entrevistados y la percepción de los autores respecto al cumplimiento del criterio. Todas las respuestas son sistematizadas para definir una nota y una explicación.[2]

La medida de manejo racional de campo natural es aquella que obtiene una mayor nota, seguida en orden, por la obtención de forraje y el riego asociativo. Si bien una detallada descripción de los resultados se obtiene al analizar la explicación de la nota a cada criterio, en líneas generales, se puede decir que el más alto índice de la medida de manejo de la disponibilidad de campo natural se explica por su bajo requerimiento de inversiones iniciales y por su capacidad de ser extendida a una alta porción de la población objetivo identificada como más vulnerable a la variabilidad y cambio climático. A su vez, tiene un bajo nivel de efectos negativos en el medio ambiente y permite una implementación bastante rápida en la medida de que exista convencimiento filosófico del productor.

Por su parte, la medida de obtención de forraje y suplemento asociativo obtiene el segundo valor de importancia en el IUPA, principalmente debido a que puede tratarse de una práctica que requiere niveles medios de inversión inicial que pone cierto límite en la adopción por parte de la población objetivo. Por otra parte, al requerir un cierto grado mínimo de organización entre los beneficiarios directos, se hace más complejo el diseño y más lenta la implementación. Sin embargo, las consecuencias o efectos son más duraderos en la medida de que esas "barreras a la entrada" operan también como barreras a la salida y por tanto una vez implementada se espera que sus efectos perduren al menos en el mediano plazo, que dependerá de si los precios relativos son favorables.

Finalmente, la medida de riego asociativo con fines productivos requiere de altos niveles de inversión inicial en infraestructura de riego y capacidad asociativa y de organización entre los productores lo que reduce los beneficiarios potenciales y hace más lenta la implementación. Sin embargo, esta medida tiene un carácter de irreversibilidad alto que hace que sus efectos perduren de mediano a largo plazo, siempre que los precios relativos sean favorables. Su grado de afectación al medio ambiente puede ser más alto que las otras dos medidas por el efecto directo del riego, la construcción del embalse, y el mayor uso de agroquímicos.

2 La explicación de cada nota asignada se encuentra en la versión electrónica del trabajo, disponible en los sitios web del MGAP y FAO, *Estudio sobre políticas públicas y medidas de adaptación del sector agropecuario al cambio climático* (vol. VII).

Tabla 5.11. Determinación del índice mutlicriterio y explicación del resultado por medida y por criterio

Descripción		Campo Natural		Bancos Forraje		Riego Asociativo	
IUPA – valor final	**7.9**	**-**	**6.8**	**-**	**6.2**	**-**
1. Probabilidad de logro de los objetivos	8	Alta probabilidad de generar resiliencia en el sistema productivo ante eventos de variabilidad climática: por mayor disponibilidad de comida.	8	Alta probabilidad de generar resiliencia en el sistema productivo ante eventos de variabilidad climática: por mayor disponibilidad de comida.	8	Alta probabilidad de generar resiliencia en el sistema productivo ante eventos de variabilidad climática: por mayor disponibilidad de agua y comida.
2. Duración del proceso de implementación	5	Si bien requiere baja inversión inicial, la baja de dotación animal debe ser gradual (1 a 2 años) además de que se espera que los productores requieran un considerable tiempo para "asimilar" la medida. Además, los efectos sobre el estado corporal, de los animales no son inmediatos.	5	Requiere alta inversión inicial y coordinación/asociación entre productores, aunque depende del punto de partida.	5	Requiere alta inversión inicial y coordinación/asociación entre productores, aunque depende del punto de partida.
3. Costo monetario requerido por la política	8	Bajo. Requiere bajo costo de inversión inicial, pero alto costo de promoción para inducir adopción	6	Medio. Los costos para el productor son laboreo y servicios de maquinaria necesaria para los cultivos, sin embargo todo puede ser costo variable. Depende de qué será financiado por la política.	4	Alto, por la obra de embalse, distribución del agua fuera y dentro del predio, y equipo de riego, capacitación de personal. Depende de qué será financiado por la política.
4. Robustez/ flexibilidad de la medida	7	Robustez alta, porque si bien está diseñada para un tipo de manifestación de VCC, la sequía, también es consistente productivamente más allá de los avatares económicos.	6	Robustez media, porque principalmente es diseñada para un tipo de manifestación de VCC: la sequía	5	Robustez media, porque principalmente es diseñada para un tipo de manifestación de VCC: la sequía
5. Nivel de autonomía en la toma de decisiones de los involucrados	7	Alto. Porque existe autonomía económica al requerir la medida pocos fondos.	5	Medio. En la medida que los recursos económicos requeridos para diseño e implementación no sean muy altos.	4	Bajo. Porque existe poca autonomía económica, al requerir esta medida altos volúmenes de recursos para la implementación y seguimiento.
6. Proporción de beneficiarios	8	Alto. Ya que por su carácter unipredial y por no requerir altas inversiones iniciales cubre un espectro grande de productores potenciales	5	Bajo. Para ser beneficiario se debe dar la doble condición de poder asociarse, y ser un productor propenso a incorporación de tecnología, lo cual reduce el universo de productores potenciales a adoptar	4	Bajo. Para ser beneficiario se debe dar la triple condición de poder asociarse, ser un productor propenso a incorporación de tecnología y contar con capacidad económica para afrontar parte de las obras de riego; se reduce el universo de potenciales productores a adoptar.
7. Sustentabilidad en el tiempo de los resultados de la medida	8	Mediano a largo plazo. Ya que si bien existe un riesgo alto potencial de elevar la carga animal por hectárea, la adopción de esta medida implica en el productor un cambio de criterio (conceptual) de manejo que sería difícil de revertir.	6	Mediano plazo. Porque el compromiso, una vez lograda la asociación, favorece la perduración de la práctica, al igual que lo hace la relativamente alta inversión inicial. Sin embargo, el sistema es dependiente de relaciones de precio favorables que se pueden revertir.	7	Mediano plazo, la implantación de obras de infraestructura de riego perduran en el tiempo y habilitan que la medida se continúe aplicando. Sin embargo, el sistema es dependiente de relaciones de precio favorables que se pueden revertir.
8. Nivel de resiliencia	8	Alto.	7	Medio.	8	Alto.
9. Incorporación de las políticas de adaptación con otras políticas	7	Integración con por lo menos una: montes de sombra y/o bancos de forraje.	7	Integración con más de una: riego multipredial + fortalecimiento institucional + manejo de carga en campo natural.	7	Integración con más de una: riego multipredial + fortalecimiento institucional
10. Participación de la población objetivo	9	Participación en todas las etapas de la medida de adaptación	9	Participación en todas las etapas de la medida de adaptación	8	Participación en la mayoría de las etapas de la medida de adaptación
11. Atención a poblaciones más vulnerables	8	Atención igualitaria. Aunque al definir la población más vulnerable, los productores familiares de CB y SE, tiene alta chance de cobertura	7	Atención igualitaria.	5	Atención igualitaria.
12. Grado de protección del medio ambiente	9	Grado de protección alto, ya que no requiere laboreos, e implica una desintensificación.	7	Grado de protección medio. Los efectos ambientales (positivos y negativos) serán aquellos propios del cultivo agrícola y procesamiento de la comida.	6	Grado de protección medio. Los efectos ambientales (positivos y negativos) serán aquellos propios del cultivo agrícola, uso de riego en la agricultura y el transporte
13. Reproducibilidad de la medida	8	La práctica puede ser replicada en otro lugar/tiempo con muy poco esfuerzo adicional.	6	La práctica puede ser replicada en otro lugar/tiempo con algún esfuerzo adicional, siempre y cuando se den ciertas condicionantes.	5	La práctica puede ser replicada en otro lugar/tiempo con considerables esfuerzos adicionales, siempre y cuando se den ciertas condicionantes (por ejemplo temas legales).
14. Consideración del conocimiento tradicional en la medida	8	Si, debe incorporar algo del conocimiento y prácticas adquiridas por la población objetivo y de la región, sin embargo supone un cambio de paradigma de producción.	7	Si, debe incorporar el conocimiento y las prácticas adquiridas por la población objetivo y de la región, sin dejar de lado que es una práctica de producción nueva.	7	Si, debe incorporar el conocimiento y las prácticas adquiridas por la población objetivo y de la región, sin dejar de lado que es una práctica de producción nueva.

Fuente: Elaboración propia y Aldunce y Debels (2008)

5.5. Consideraciones finales

Los principales actores sectoriales parecen, a priori, tener conciencia del cambio climático aunque no necesariamente la percepción de éstos es asociable a los cambios que están ocurriendo en las variables climáticas.

Existe una marcada voluntad de la actual gestión del MGAP y del Gobierno Nacional de impulsar políticas que promuevan y faciliten la identificación y adopción de medidas de adaptación a la variabilidad y el cambio climático. La promoción de estas medidas supone una serie de desafíos e interrogantes que el gobierno y la institucionalidad sectorial aún está procesando, situación que es diversa según la medida que se trate.

Por otra parte, el sector agropecuario, y el ganadero en particular, atraviesa desde hace varios años una coyuntura favorable de precios y colocación, que junto a otras medidas de política, han generado una dinámica de crecimiento muy importante. Esta coyuntura favorece el impulso y promoción de medidas que a la par de mejorar la resiliencia de los sistemas productivos, permitan capitalizar mejor el buen momento.

Si bien todos los actores coinciden en que el evento climático que más impacta a la producción ganadera es la sequía, difieren en la priorización de las medidas a encarar. Esto supone que se deberán desarrollar acciones de formación, transferencia y extensión con los actores productivos apelando a una articulación mayor de toda la institucionalidad sectorial (tanto pública como privada).

Respecto a las medidas analizadas se puede decir:

- Riego asociativo/ colectivo: es la medida más desafiante en términos de innovación técnica y cambio de paradigma de producción. Sin embargo es la que más barreras objetivas plantea por el momento. Cobra valor entonces la generación y evaluación detallada de experiencias piloto. La evaluación de impacto económico de producción de forraje bajo riego asociativo, tanto destinado a comercializarse en el mercado como a suplementar terneras en el invierno, arroja un resultado positivo (según la TIR incremental) incluso si se asume que la represa se utiliza en promedio en un porcentaje menor al 70%.

- Sistema de producción centrado en un manejo racional del campo natural y el uso de cargas adecuadas: parece ser una medida de mayor consenso a nivel técnico y que podría ser adoptada por un alto número de productores sin incurrir en grandes inversiones. Sin embargo requiere un fuerte trabajo de transferencia y extensión mediante la articulación de los diferentes componentes de la institucionalidad pública y privada. La evaluación económica, realizada en este estudio mediante modelos de simulación, arroja que el cambio a prácticas de manejo que priorizan el estado corporal del rodeo (versus la maximización del capital en cabezas de ganado) es beneficioso ya que genera mayores ingresos netos en el período analizado. Productores que priorizan la maximización de capital generan ingresos del orden del 70% de aquellos que priorizan el estado corporal de los animales.

- Estrategias asociativas para la producción de suplementos: es una medida que tiene múltiples ventajas pero que se potencia si se dan otras acciones. En zonas ganaderas, supone más que nada, superar barreras de formación y logística. Importa estar abierto a las múltiples opciones más que promover una en particular. La evaluación de un caso de estudio demuestra que tal iniciativa de asociación es beneficiosa

para los productores miembros, en la medida que ellos acceden a forraje a precios competitivos y con un grado de seguridad que no necesariamente puede darlo el mercado, dada la ubicación geográfica lejana a la zona tradicionalmente agrícola.

- Montes de sombra: es una medida reconocida pero no priorizada frente a otras opciones de inversión. Proyectos como el de Desarrollo Productivo Rural (MGAP-BID) o el de Desarrollo y Adaptación al Cambio Climático (MGAP-BM) pueden ser instrumentos apropiados para impulsarla. El análisis cualitativo multicriterio utilizando el Índice de Utilidad de Prácticas de Adaptación (IUPA) arroja que la medida de manejo de la altura de corte del campo natural es la que resulta con un mayor índice, seguido de la medida de estrategias asociativas para la obtención de forrajes y suplementos, y por último la medida de riego asociativo con fines productivos.

En función de las consideraciones anteriores, el Proyecto Adaptación al Cambio Climático en la Ganadería Familiar cobra un mayor valor estratégico. El mismo puede ser una instancia de ensayo de nuevas metodologías, de una articulación institucional mayor y de trabajo sobre procesos de diseño e implementación de las prácticas y medidas propuestas en conjunto con los destinatarios.

En este sentido parece clave que en su implementación se contemple la necesidad de generar capacidades de trabajo en nuevas metodologías, planificación y articulación no solamente a nivel de las organizaciones y la sociedad civil territorial, sino también para la institucionalidad pública involucrada.

6

Capacidad de adaptación y transformación en un clima de cambios

Elaborado por SARAS con colaboradores de las Facultades de Ciencias, Ciencias Sociales e Ingeniería, Centro Universitario Regional Este (CURE), así como de la Dirección Nacional de Meteorología.*

Autores:

Néstor Mazzeo, Hugo Inda, Javier Taks, Rafael Terra, Mario Bidegain, Carolina Crisci, Isabel Bortagaray y Laura del Puerto.

MENSAJES CLAVE

- La variabilidad interanual de la producción agropecuaria en un país todavía poco diversificado en términos productivos y extremadamente dependiente de sus recursos naturales, plantea, en el futuro inmediato, grandes desafíos de adaptación y transformación de sus sistemas socio-ecológicos (SES).
- La vulnerabilidad de los sistemas productivos se ha incrementado sustancialmente en la última década debido a la pérdida de resiliencia frente a la variabilidad climática histórica. Resulta fundamental generar capacidades de adaptación a los escenarios climáticos futuros, pero además es necesario adaptar los sistemas de producción a las características climáticas actuales.
- La adaptación a las condiciones actuales y futuras dependerá en gran medida de estrategias multisectoriales y multiprediales. En este contexto, el Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático (SNRCC), constituye un avance muy positivo, al crear un ámbito de intercambio de información, coordinación y diseño conjunto de estrategias.
- Otra señal positiva es la mayor coordinación intra-institucional, por ejemplo en el mgap, de diversos proyectos relacionados con la mitigación y adaptación a la variabilidad climática. La creación de la Mesa de Campo Natural, entre otras iniciativas, puede constituirse en una plataforma muy interesante de combinación de saberes e intercambio de información.
- Actualmente persisten importantes barreras que limitan la capacidad de adaptación y transformación. Las diferentes estrategias analizadas procuran: incrementar el conocimiento del funcionamiento y la dinámica temporal de los SES, construir capacidad de emprendimiento social, promover el diálogo entre los usuarios claves y proveer soporte institucional.

* Apoyo adicional del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED): Red CHANS-América del Sur

6.1. Simplicidad en la complejidad

Los capítulos precedentes analizan los efectos de múltiples cambios simultáneos en los sistemas productivos asociados a transformaciones tecnológicas, económicas, sociales, acceso y disponibilidad de información clave, entre otros. Todos estos factores han condicionado fuertemente el crecimiento de la producción de *commodities*, que han contribuido sustancialmente al desarrollo económico del Uruguay en la última década. La expansión e intensificación de los sistemas productivos aumenta considerablemente su sensibilidad a los escenarios de variabilidad climática actuales y muy probablemente a los futuros. En otros términos, la capacidad de adaptarnos a los escenarios actuales de variabilidad climática resulta crucial para poder enfrentar nuevos escenarios con grados de incertidumbre muy considerables.

Los sistemas complejos vinculados a cada sector productivo analizado en los capítulos anteriores involucran un elevado número de elementos o subsistemas, que interactúan de forma no lineal, con patrones temporales que pueden resultar contra-intuitivos, con el potencial de acumular cambios en el tiempo y eventualmente producir transiciones abruptas hacia nuevos estados, en muchos casos, no deseados. La comprensión de estos fenómenos determina la posibilidad de manejar los ecosistemas y la viabilidad de las sociedades que dependen de los servicios que los sistemas naturales proveen.

El análisis de los sistemas complejos es posible mediante aproximaciones sistémicas e integradas del manejo. Una característica de los sistemas complejos es que están definidos más por las interacciones entre las partes que por las partes en sí mismas. Las interacciones entre los componentes del sistema generan propiedades que no pueden predecirse a partir de las partes individuales, fenómeno conocido como emergencia (Holland 1999, Manson 2001). A modo de ejemplo, el incremento de la sensibilidad de la ganadería no puede comprenderse sin analizar el conjunto de las transformaciones del uso del suelo que en definitiva han determinado una reducción importante de áreas adecuadas para esta producción (particularmente pasturas naturales), que sí estaban disponibles en el pasado reciente del país.

En este contexto, y dadas las fuertes interacciones existentes entre los sistemas sociales y económicos con los sistemas naturales, existe un consenso (de aceptación creciente) de que los ecosistemas son mejor entendidos y manejados como sistemas socio-ecológicos (Berkes y Folke 1998, Millenium Ecosystem Assessment 2005, Liu et al. 2007, Norberg y Cumming 2008). Esto significa que el manejo de los SES se nutre de aproximaciones sistémicas que contemplan las dimensiones sociales, ecológicas y económicas de una forma integrada.

Las principales características de los sistemas complejos, previamente indicados, generan limitaciones en la habilidad para comprender, predecir y controlar los SES (Pilkey y Pilkey-Jarvis 2007, Roe y Baker 2007). La decisión respecto a transitar trayectorias deseables, a evitar umbrales críticos e incorporar la incertidumbre y el riesgo en la toma de decisión, no puede implementarse exclusivamente a partir de un análisis de expertos, pues requiere la consulta y diálogo con los usuarios más relevantes, haciéndolos participes en el diseño de las políticas y procesos de toma de decisión (Cortner y Moote 1999, Bocking 2004, Millenium Ecosystem Assessment 2005).

Los productores agropecuarios han sobrellevado múltiples transformaciones y enfrentado las consecuencias adversas y favorables de la actual variabilidad climática del Uruguay. El

conocimiento de los productores y las estrategias que han desarrollado e implementado deben ser incorporados más allá de los espacios de interacción entre estos actores, condición indispensable para incrementar la resiliencia.

La resiliencia de un sistema describe su tendencia a retornar a un estado particular frente a disturbios, manteniéndose en un rango acotado de estructura y funcionamiento (Holling 1996, Gunderson 2000, Folke 2006, Scheffer 2009). Este rango puede referir a variables sociales (educación, desarrollo), económicas (flujo de capitales, ingresos per cápita) o ambientales (biodiversidad, producción de alimentos).

Considerar la resiliencia de los sistemas complejos puede entenderse como una aproximación para organizar y manejar los SES mediante el énfasis en la capacidad de renovación, reorganización y desarrollo, en donde los disturbios (por ejemplo eventos climáticos extremos), son parte de la dinámica del sistema y representan oportunidades para el cambio o la innovación (Gunderson y Holling 2002, Walker et al. 2004, Folke 2006, Walker y Salt 2006).

Segun O´Brien et al. (2009) la aproximación denominada *resilience thinking* (pensamiento resiliente) establece tres principios fundamentales:

- Los problemas ambientales no pueden ser analizados o comprendidos aislados de su contexto social.
- La incertidumbre y la sorpresa son atributos propios de los sistemas complejos y se debe aprender a vivir con ellos.
- El cambio es inherentemente complejo, por lo tanto, problemas como el cambio climático no pueden abordarse en un único nivel (por ejemplo nacional).

La adaptación no es susceptible de ser escogida o rechazada, lo que se debe responder es cuándo, qué, cómo y de qué magnitud serán los cambios futuros (Adger et al. 2007). Los escenarios y proyecciones de los cambios climáticos futuros pueden ser utilizados como una guía para la adaptación, pero siempre existirán incertidumbres y sorpresas, especialmente porque el clima no es el único factor que determina los cambios de los SES. Los cambios económicos, políticos, sociales y culturales también presentan incertidumbres y respuestas adaptativas complejas. La adaptación y la transformación requieren del manejo de información nueva o cambiante y de múltiples tipos de conocimiento (técnico-científico y de los propios productores) e incertidumbre.

Todos los niveles, incluidos el local y el regional, deben estar involucrados en la búsqueda de soluciones al tipo de problemas analizados en los capítulos anteriores. Un ejemplo concreto de este aspecto es la gobernanza multinivel donde los miembros de las instituciones tienen interacciones horizontales con sus pares, y verticales con las diferentes jerarquías de la organización (Young et al. 2008). La interconexión en los sistemas sociales tiene que ser efectiva en todos los niveles, por lo que son igualmente importantes los vínculos horizontales, como los verticales. Estos vínculos sustentan el flujo de información y conocimiento, incrementan la capacidad de aprendizaje y facilitan procesos participativos en la toma de decisiones, de modo de fortalecer procesos más democráticos e incrementar la probabilidad de su apropiación por parte de los usuarios. El primer capítulo del presente libro demuestra cómo una parte importante de las estrategias de adaptación se trasmiten fundamentalmente entre los productores, jugando un papel sustancial las organizaciones de productores.

La adaptabilidad ha sido definida como la capacidad de los actores de un sistema de generar resiliencia (Walker et al. 2004). Por el contrario, la transformación ha sido definida como la capacidad de crear un nuevo sistema cuando las estructuras ecológicas, económicas y sociales existentes de un sistema son insostenibles o inviables (Walker et al. 2004) para mantener objetivos, bienes o servicios considerados clave.

¿Cómo coexisten la transformación y la persistencia en los sistemas? Persistencia y estabilidad son factores claves en la evolución de los ambientes institucionales que interactúan con cambios en otros sistemas (Scott 2001). Hay diferentes perspectivas en este sentido. Algunos autores sostienen que una vez creadas las instituciones tienden a la persistencia, casi como un atributo inherente a su naturaleza. Mientras otros sugieren que la estructura persiste solo si los actores la producen y reproducen continuamente (Giddens 1984). La persistencia entonces requiere de cierto tipo de apropiación social; no basta la mera existencia (estructural) de las instituciones. La pregunta planteada resulta clave, a la vez que uno de los aspectos centrales de la resiliencia (Holling 1973, Folke 2006). De acuerdo a Westley et al. (2006) y Carpenter y Brock (2008), la resiliencia no se vincula al equilibrio entre la transformación y la persistencia, por el contrario, procura comprender cómo éstas trabajan en conjunto, permiten a los sistemas asimilar disturbios, innovar y cambiar, y mantienen características claves de su estructura y procesos.

Innovación y transformación involucran nuevos conceptos, estrategias, iniciativas, productos, procesos u organizaciones en busca de satisfacer necesidades sociales, cambios profundos en rutinas o procedimientos básicos, o modificar el flujo de recursos o el transcurso de toma de decisión (entre otros autores: Westley et al. 2006, Young Foundation 2006). La innovación social puede ser promovida por un amplio rango de actores, como: organizaciones no gubernamentales, grupos de comunidades, gobiernos, académicos, filántropos o combinaciones de los mismos. La innovación difiere de la invención ya que no incluye exclusivamente la creación de nuevas ideas o productos, en muchos casos involucra procesos de difusión de conocimiento o tecnologías disponibles en otros campos del conocimiento o sociedades, o una nueva combinación de estos saberes.

¿Qué estrategias en concreto pueden incrementar la capacidad de innovación en el manejo de los SES sometidos a fuerzas externas como el cambio o la variabilidad climática? Biggs et al. (2010) sugieren una serie de mecanismos clave:

Incrementar el conocimiento del funcionamiento de los sistemas naturales y los vínculos socioeconómicos con los ecosistemas locales de los cuales dependen.

- Construir capacidad de emprendimiento social.
- Promover el diálogo entre los usuarios claves.
- Proveer soporte institucional.

La innovación refiere a procesos sociales de aprendizaje. En este proceso la flexibilidad institucional resulta fundamental. Los capítulos previos muestran la importancia de la flexibilidad y capacidad de respuesta para enfrentar cambios drásticos.

La persistencia o ausencia de cambio en los SES se asocian a diferentes conformaciones estructurales y/o funcionales de la red institucional o de actores denominadas "trampas". Las trampas de rigidez (*rigidity traps*) ocurren cuando las instituciones permanecen altamente conectadas, con interacciones que refuerzan su status y poder y al mismo tiempo

son inflexibles (Gunderson y Holling 2002). El manejo de los recursos naturales organizado en pocos objetivos económicos (o destinos de producción) incrementa los efectos de la variación temporal de la provisión de recursos, problemática clave para el sector industrial que depende de éstos. Cuando el manejo reduce la diversidad, y el poder y los beneficios económicos son mutuamente dependientes, se generan las condiciones ideales para el establecimiento de una trampa de rigidez (Gunderson y Holling 2002). Este es un aspecto muy interesante de analizar en el proceso de transformación actual de tenencia de la tierra. Las grandes empresas vinculadas a la agricultura pueden incrementar su capacidad de resiliencia en base a la economía de escala que manejan, la diversificación de los cultivos y una mayor distribución territorial de éstos (ver Capítulo 3, punto 4). Sin embargo, esta misma transformación puede incrementar la dependencia entre el poder y los beneficios económicos, la resultante del proceso resulta difícil de predecir.

Las trampas denominadas de pobreza (*poverty traps*) son situaciones completamente diferentes, ya que la conectividad entre las partes y la resiliencia son muy bajas, por lo tanto, las posibilidades de cambio son muy reducidas (Gunderson y Holling 2002, Allison y Hobbs 2004). Los recursos y las posibilidades concretas existen en este tipo de trampas, pero no existe la capacidad de destinar o concentrar capacidades en una idea u objetivo común que promueva el cambio en el sistema (Westley et al. 2006). En los capítulos precedentes se plantean múltiples sinergias entre los sistemas productivos que no han sido exploradas o se encuentran en una fase primaria (por ejemplo la creación de reservorios de agua multipropósito). La planificación multisectorial del Uruguay requiere de una mayor interacción y coordinación interinstitucional e internivel, pero también el fortalecimiento de dependencias con un rol central en la materia (por ejemplo la Dirección Nacional de Ordenamiento Territorial- DINOT).

La adaptabilidad y capacidad de adaptación de un sistema indican en definitiva la capacidad de aprendizaje de los SES, capacidad de combinar experiencia y conocimiento que ajusten las respuestas a los cambios externos o a procesos internos del sistema, y mantengan los aspectos esenciales de su estructura y función (Berkes et al. 2003, Carpenter y Brock 2008). El análisis de los capítulos precedentes demuestra una seria debilidad en el Uruguay: el registro sistemático de la información productiva es en algunos sectores limitado y por lo tanto es muy difícil establecer conclusiones con sustento estadístico. Esta situación obedece a la reducida extensión temporal de las bases de datos y al escaso número de observaciones en el espacio. Dichas limitantes, en conjunto con la multiplicidad de cambios que operan simultáneamente, dificultan seriamente la capacidad de análisis y adaptación. Aún más, la falta de un sistema de información integrado y sistémico afecta la capacidad de tomar decisiones informadas y anticipar problemas de alcance incierto.

6.2. Estrategias y desafíos futuros

La variabilidad de la producción agropecuaria en un país aun poco diversificado en términos productivos y extremadamente dependiente de sus recursos naturales, plantea, en el futuro inmediato, grandes desafíos de adaptación y transformación de sus SES. En términos concretos, el predominio de los análisis uni-sectoriales en el ámbito de la planificación productiva y territorial no permite prever las demandas reales de agua del conjunto de las principales producciones, generándose una considerable vulnerabilidad en los años con precipitaciones por debajo de los promedios históricos.

Actualmente persisten importantes desafíos y barreras a superar a efectos de aumentar la capacidad adaptativa y de transformación, y por lo tanto, de resiliencia de los SES:

- Predominio histórico del enfoque de mitigación.
- Incrementar el conocimiento de la variabilidad y funcionamiento de los SES.
- La adaptación requiere una mayor interacción entre diversos componentes de la sociedad. Las sinergias requeridas para una buena capacidad de adaptación aparecen limitadas por una competencia de recursos económicos restringidos entre instituciones gubernamentales, así como por la ausencia de esquemas de intercambio de información o cooperación formalmente pautados.
- Ausencia de liderazgo y de un ambiente favorable para el aprendizaje y la cooperación.

Importantes barreras (forma de financiamiento y mecanismos de evaluación académicos) en las interacciones entre el componente científico, los gestores, tomadores de decisión y políticos.

Mitigación y adaptación: actualidad y trayectoria histórica

A efectos de comprender las características actuales del sistema de respuesta del Uruguay ante la variabilidad climática es importante analizar las condiciones actuales y la trayectoria histórica. El país atraviesa una transición desde el predomino de estrategias de mitigación hacia un esquema con mayor énfasis en la adaptación. La capacidad de respuesta a eventos extremos recientes, como la última sequia, presenta señales alentadoras en cuanto a la predicción del evento y su incorporación en la planificación productiva (Crisci et al. 2012), así como la puesta en práctica de medidas de adaptación y mitigatorias en algunos tipos de producción y regiones del país (por ejemplo suministro de forraje en el caso de la ganadería y lechería).

La vulnerabilidad del sistema productivo se ha incrementado sustancialmente en la última década debido a la pérdida de resiliencia del sistema frente a la variabilidad climática histórica del Uruguay. Sin lugar a dudas se deben generar capacidades de adaptación a los escenarios climáticos futuros, pero es necesario adaptar los sistemas de producción a las características climáticas actuales. La expansión e intensificación productiva generan una mayor demanda de agua y menor capacidad de resiliencia de los SES. A modo de ejemplo, a fines del siglo XX el ganadero tenía mayor capacidad de enfrentar las sequías simplemente por disponer de mayor área de campo natural, en los últimos años, parte de este sistema ha sido ocupado por la forestación o la agricultura. En función de este ejemplo y otros casos que deben evaluarse, como la interacción entre la forestación y la producción hidroeléctrica (ver Crisci 2011), se torna evidente la necesidad de superar los análisis unisectoriales (particularmente en la definición de políticas y estrategias asociadas) ya que limitan seriamente la capacidad de adaptación actual.

El SNRCC, a través de la elaboración del Plan Nacional de Respuesta al Cambio Climático (PNRCC), constituye un avance muy positivo, al crear un ámbito de intercambio de información, coordinación y diseño conjunto de estrategias. En otras palabras, se instala una estructura puente para superar la fragmentación y compartimentación dentro del Estado. Es pertinente destacar que esta importante iniciativa surge como consecuencia de una severa sequía a fines de la década pasada. Es crucial evaluar el funcionamiento de esta

organización puente a efectos de determinar si los objetivos de su creación se están cumpliendo o no.

Otra señal muy clara y positiva del sistema es la coordinación, dentro del propio MGAP, de diversas iniciativas relacionadas con la mitigación y adaptación a la variabilidad climática, política que se refleja nítidamente en el diseño de los nuevos proyectos financiados por organismos internacionales (por ejemplo DACC) o la creación de la Mesa de Campo Natural, entre otras iniciativas.

El caso de la mesa de campo natural constituye una plataforma muy interesante de combinación de saberes e intercambio de información, resulta relevante evaluar sus fortalezas y debilidades en el futuro cercano.

En los dos últimos períodos de gobierno se observan esfuerzos muy importantes a efectos de reducir la fragmentación y compartimentación en la toma de decisión y definición de políticas a nivel del Estado. La creación de la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII), junto con la instauración de los gabinetes ministeriales por áreas y las comisiones de cuencas, entre otros; representan transformaciones sustanciales y alentadoras a los efectos de superar barreras estructurales del funcionamiento de los SES. Esta misma situación se observa en el ámbito académico, donde predomina la vieja constatación: el mundo tiene problemas, la universidad departamentos. Sin embargo, aquí también aparecen señales destacables, como la reciente creación del Espacio Interdisciplinario en el ámbito de la UdelaR. Una tesis de postgrado, reciente, de Facultad de Ingeniería (FING) titulada: Modelación de los recursos hídricos y sus principales usos en la cuenca de aporte a Rincón del Bonete, evaluación económica comparativa (Crisci 2011), presenta varias características singulares. En primer lugar, la unidad de análisis (una cuenca) y en segundo término, el estudio incluye un conjunto de actividades como la forestación, la producción arrocera y la generación hidroeléctrica. Este es un ejemplo concreto que ilustra cómo avanzar en el futuro inmediato.

Los comentarios anteriores resultan muy relevantes, ya que gran parte de la adaptación a las condiciones actuales y futuras dependerá de estrategias multisectoriales y multiprediales.

Resulta evidente que una alternativa a efectos de reducir la vulnerabilidad del sistema es crear capacidad de almacenamiento de agua superficial o suministro de agua subterránea (ver Capítulo 3). Resulta recomendable que la planificación de estas medidas incluya al sector productivo, energético y de turismo, de acuerdo a las características actuales de la matriz económica del Uruguay.

Los problemas o dificultades no se generan exclusivamente en los momentos de déficit de precipitación. En el Capítulo 3, punto 4, sobre agricultura se indica que en períodos de mayores precipitaciones, la falta de fertilización con nitrógeno puede constituir una limitante para alcanzar mayores producciones. Sin embargo, un incremento en la fertilización nitrogenada puede provocar procesos de eutrofización en los sistemas acuáticos. Este ejemplo, ilustra una vez más las limitaciones de la planificación unisectorial.

Incremento del conocimiento de la variabilidad y funcionamiento del sistema

Las limitaciones actuales del monitoreo meteorológico del Uruguay se vinculan a la insuficiente cobertura espacial y temporal (escaso número de observaciones convencionales durante la noche), parte de éstas podrían subsanarse a través de:

- Instalación de nuevas estaciones automáticas en sitios alejados de las actuales.
- Inclusión de nuevos sensores, hoy no disponibles, como radiación solar y humedad de suelo, entre otros.
- Incorporación en forma operativa de la información proveniente de plataformas remotas (satélite, radar, etc.), no solo para el monitoreo en tiempo real sino para los nuevos productos climáticos.
- Incorporación de mediciones remotas rutinarias de la vertical de la atmosfera sobre Uruguay por medio de perfiladores o instrumentos similares.
- Evaluar y poner en operación técnicas estadísticas/dinámicas de mejora de la resolución espacial (*downscaling*).

A pesar de que las series temporales de observaciones datan de tiempo atrás, en especial en Montevideo (desde 1901), la información histórica transferida a soporte digital es relativamente escasa. La DNM ha instalado, gracias a un proyecto con financiamiento externo, una Base de Datos Hidrometeorológica (MCH: Meteorología, Climatología e Hidrología) la cual es de código abierto y fue desarrollada por el Instituto Nacional del Agua de México. Esta base de datos ha comenzado a funcionar en el año 2008 y permitió transferir a soporte digital los registros horarios y diarios de todas las variables en tiempo real. Asimismo, se transfirió información a soporte digital de las Estaciones de Carrasco, Prado y Melilla del período 2001-2010.

En el 2011, se realizó un trabajo de rescate de datos en soporte papel, a través del convenio entre DNM, Dirección Nacional de Agua (DINAGUA) y FING de la UDELAR. Es así que se digitalizaron los registros pluviográficos de todas las estaciones meteorológicas del país. Los registros continuos de precipitación en papel, desde el año 1977 a la fecha, fueron escaneados, luego sometidos a un programa de reconocimiento de curvas y pasaron a registro digital la información tanto de intensidad como montos de acumulados de lluvia. Este tipo de trabajo de rescate de bandas de registro debería repetirse para otras variables como termohigrógrafos, heliógrafos, barógrafos, etc. con igual metodología.

Los registros manuscritos de observaciones meteorológicas, que existen desde el comienzo del funcionamiento de la red de estaciones meteorológicas (finales de la década de 1940), deberían ser sometidos a una digitalización con medios especializados. La información abarca el conjunto de 12 estaciones distribuidas en todo el país, con tres observaciones diarias del estado del tiempo hasta finales de la década de 1970. Si bien actualmente se está haciendo un esfuerzo por digitalizar la información meteorológica horaria, se dio prioridad a los últimos años pretéritos y solo algunas variables (temperaturas extremas, dirección y velocidad del viento, etc.).

Es interesante explorar la cooperación con los productores en el registro de información meteorológica, teniéndose en cuenta la disponibilidad actual de estaciones meteorológicas automatizadas y sus costos relativamente accesibles. En este sentido, resulta interesante explorar esquemas de incentivos económicos para aquellos productores que instalen y mantengan sistemas automatizados. Esta propuesta podría complementar y alimentar la de contar con un observatorio que incluya tanto indicadores que den cuenta de las distintas dimensiones de los SES como un análisis sistémico que sirva también para la toma de decisiones en los distintos ámbitos involucrados en los problemas de clima y variabilidad climática.

Es evidente, que incrementar la capacidad de observación de los fenómenos meteorológicos no es suficiente para comprender los problemas abordados. En ese sentido, es fundamental instalar y fomentar dichos observatorios, tal como se señalan en diversos de los capítulos precedentes. La transición hacia esquemas adaptativos depende absolutamente de la disponibilidad de información y de la capacidad de su análisis. En este contexto, la instalación del Sistema Nacional de Información Agropecuaria (SNIA), prevista en los nuevos proyectos del MGAP, constituye un componente crucial para la capacidad de adaptación futura.

Capacidades y dificultades en la predicción de escenarios futuros

En Crisci et al. 2012 y en el Capítulo 2 del presente libro se indican algunas de las principales limitaciones de la capacidad para percibir la complejidad de los fenómenos asociados a los SES, al mismo tiempo, se señalan las dificultades para predecir escenarios futuros de la variabilidad y cambio climático. Éstos en forma muy resumida son: focalización en aspectos cuantificables y marginación de otros factores cualitativos relevantes; confianza en los modelos dominantes de análisis científico; dificultad para incorporar la incertidumbre y el riesgo en la toma de decisiones; y la falta de consulta y diálogo con los usuarios más relevantes de la información climática.

En Uruguay, en este sentido, el PNRCC del SNRCC (MVOTMA 2010) apuntó a cuatro aspectos transversales en relación a la gestión de la información referente a cambio climático:

- La diversidad de escalas espaciales disponibles en función de los diferentes objetivos específicos perseguidos, las cuales dificultan la integración de la misma.
- El escaso dinamismo de la información, ya sea porque se construyó con un objetivo puntual o porque los planes de monitoreo implementados no consideraron cabalmente el mantenimiento en el tiempo de la experiencia.
- Las limitaciones en los recursos, tanto humanos como de equipamiento, para el procesamiento y análisis de la información, aún en instituciones con capacidad instalada para su registro sistemático.
- Las dificultades para el intercambio y cooperación interinstitucional.

La mayoría de estos puntos manifiestan un diagnostico de un sistema institucional relativamente inmaduro en cuanto a capacidades, así como importantes dificultades para el diálogo entre diversos agentes-actores involucrados. Profundizando en el mapeo de instituciones involucradas en el SNRCC, a mediados de 2010 se presentó un informe de consultoría (Márquez 2010) que buscó realizar una fotografía del estado del arte en materia de programas, proyectos y estudios en marcha que colaboren en la realización de los objetivos del PNRCC. Algunas conclusiones parciales que derivan de este informe, así como información recogida en otros proyectos y evaluaciones parciales, son:

- Existe un número significativo de programas y proyectos en el país sobre adaptación (19 casos), mitigación (diez casos, incluidos cinco en el marco del Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kioto) y fortalecimiento organizacional e institucional (siete casos). El nivel de análisis y actuación es de carácter nacional

más que subnacional, con la excepción de Montevideo y área metropolitana; por lo tanto, la territorialización del análisis y respuesta al cambio climático es muy limitada.

- Los programas y proyectos se encuentran espacialmente dispersos y, en general, desconectados uno de otros. Sin embargo, se concentran en los siguientes organismos públicos: MVOTMA, MGAP, INIA, Intendencia de Montevideo, Oficina de Planeamiento y Presupuesto y Sistema Nacional de Emergencia (SNE) -Presidencia de la República. Una actualización de este mapeo subraya también a la DNM y otras reparticiones del Ministerio de Defensa Nacional; la Dirección Nacional de Energía del Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM); la Administración Nacional de Combustibles, Alcohol y Portland (ANCAP); la Administración Nacional de Usinas y Transmisiones Eléctricas (UTE) y la UDELAR[1].

- Los programas y proyectos dependen enormemente de la financiación externa, proveniente principalmente del Sistema de Naciones Unidas, el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) del Banco Mundial; Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) y Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

- Los proyectos se concentran en las aéreas de gestión del riesgo y producción. En este último caso, la gran mayoría está en el sector agropecuario y, en menor medida, en el sector energético. También existen proyectos asociados al área costera (Río de la Plata) y aéreas protegidas (localizadas principalmente en el área costa Atlántica).

- La investigación académica es fragmentaria, aislada, sectorizada y extremadamente poco divulgada. Por todo esto, tiene poca incidencia en las políticas públicas o acciones privadas de empresas y organizaciones sociales.

- Es notoria la falta de recursos humanos y técnicos. A lo que indica el informe, es posible agregar que no existe a nivel académico una masa crítica que se encuentre actualmente debatiendo sobre el tema de variabilidad y cambio climático y, mucho menos, que esté a su vez conectada con la discusión internacional. El dato de que hace solo seis años que se formó la Licenciatura en Ciencias de la Atmósfera en la UDELAR es, por un lado, muy alentador, y por otro, hace comprensible lo reducido de la comunidad científica involucrada. Lo mismo se puede mencionar sobre la formación en 2010 del Centro Interdisciplinario: Respuesta al Cambio y Variabilidad Climática, también de la UDELAR.

- El SNRCC no tiene, hasta el momento, suficiente capacidad articuladora para acortar las distancias entre análisis científico y aplicación a nivel oficial. A su vez, como institucionalidad del cambio climático, compite con los espacios más tradicionales del MVOTMA (DINAMA; Unidad de Cambio Climático). La otra institución articuladora es el SNE, pero por su carácter de acción frente a eventos extremos, tiene una dimensión de futuro y planificación de más corto plazo. Finalmente, el MGAP puede liderar, pero su esfuerzo presenta el sesgo inevitable de sus objetivos y de la demanda de los sectores sociales que influencian su accionar.

En vista de la descripción anterior, además de los distintos elementos que se fueron presentando en el resto del libro en relación a las capacidades materiales, cognoscitivas e institucionales para la predicción de escenarios futuros de adaptación a la variabilidad y

1 Resultados parciales del proyecto en curso "Desarrollo de una metodología para el estudio de la percepción cultural del clima en Uruguay en el marco del Plan Nacional de Respuesta al Cambio Climático". Facultad de Ciencias Sociales / CSIC /UDELAR.

el cambio climático en el sector agropecuario, cabe anotar algunas recomendaciones en torno a la generación y gestión de la información:

- La información climática y el conocimiento generado de su sistematización y análisis deberían ser de acceso libre para todos los actores del sistema. Para ello, el uso de las nuevas tecnologías de la información, en particular Internet, brinda la plataforma necesaria para publicar resultados a los que accede un creciente y demandante público.

- Es necesario aumentar la cantidad de estaciones de registro de información climática. En la jerarquización de su ubicación, en un plan gradual de cobertura nacional, es imprescindible considerar la relación esfuerzo de obtención-importancia del dato.

- El aumento de la cantidad de estaciones de registro deberá ir acompañado de una mejora en el registro, a través de tecnologías automáticas y/o de la capacitación y compromiso del personal asignado.

- El SNRCC deberá ocuparse con mucha atención de la recolección y difusión masiva de la información y del conocimiento existente, así como de la "traducción" para los distintos usuarios en un sistema de información climática.

- Aprovechar los momentos de relativa bonanza en recursos económicos para consolidar un sistema nacional de información climática, cuyo control y evaluación debería ser compartido por la academia, el poder político y la sociedad civil.

- Establecer una masa crítica de científicos vinculados a las ciencias de la atmósfera resulta crucial y, para ello, se deben desarrollar estrategias de mediano y largo plazo, probablemente dentro de la ANII y con fondos provenientes del propio sector productivo o energético del país. La capacidad de interacción entre el ámbito académico y el gestor o político no depende exclusivamente de recursos económicos, los sistemas de evaluación actuales de la actividad académica no ponderan adecuadamente este tipo de aportes, limitándose seriamente la capacidad adaptación.

- El conocimiento disponible del rol y la dinámica de las instituciones denominadas puentes (ver Gunderson et al. 2006) establece cuatro características básicas para que los sistemas de respuesta al cambio climático promuevan capacidad de adaptación y transformación. La red debe ser abierta, flexible e incorporar diferentes aproximaciones y visiones (académicos, productores, políticos, entre otros). Además, este espacio debe contemplar diferentes estrategias de difusión y aprendizaje, las que son completamente diferentes según el público objetivo y constituyen una de las barreras más importantes en la difusión del conocimiento, medidas o políticas adoptadas. Los sistemas de respuesta al cambio climático deben constituirse en un espacio confortable para el encuentro y el aprendizaje. Este ámbito puede alcanzar sus objetivos y metas siempre que representen un espacio de confianza, tanto en el conjunto de los integrantes como en los liderazgos que deben establecerse.

- Carpenter y Folke (2006) destacan que las relaciones entre los ecosistemas y las sociedades cambian continuamente, por lo tanto, es difícil predecir las consecuencias de acciones de manejo o estrategias adoptadas. En este sentido, estrategias como la creación del SNRCC deben ser consideradas experiencias que incrementan el conocimiento de la dinámica de los sistemas socio-ecológicos, siempre que sean monitoreados y analizados apropiadamente.

- En Uruguay, el pasaje de la fase de diagnostico a la implementación de medidas y definición de políticas suele ser muy prolongado. Además no se incorporan esquemas adaptativos, es decir, no se genera capacidad de monitoreo y análisis de los resultados de las medidas o estrategias implementadas. Estas limitaciones generan un patrón muy claro: en general, se busca al responsable de las medidas que no funcionaron, en lugar de analizar las razones por las cuales éstas no alcanzaron el éxito. Este patrón se refuerza por otra característica cultural a destacar: el fracaso o error se entienden exclusivamente como una alternativa negativa, en lugar de considerarlo como una ventana de oportunidad para el aprendizaje de aquellas medidas o estrategias que funcionan y aquellas que no.

7

Referencias bibliográficas

Capítulo 2 y 6

ADAMS, J. y H. FAURE, 1997. "Preliminary Vegetation Map of the World since the Last Glacial Maximum: an Aid to Archaeological Understanding". *Journal of Archaeological Science*, 24:623- 647.

ADGER, W.N., S. DESSAI, M. GOULDEN, M. HULME, I. LORENZONI, D. R. NELSON, L.O. NAESS, J. WOLF y A. WREFORD, 2007. "Are there social limits to adaptation to climate change?" *Climatic Change* 93(3-4):335-354.

ALLISON, H.E. y R.J. HOBBS, 2004. "Resilience, adaptive capacity, and the "lock-in trap" of the Western Australian agricultural region". *Ecology and Society* 9(1): 3. [online] URL: http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss1/art3/.

ANDERSON, D.G., K.A. MAASCH, D.H. SANDWEISS y P.A. MAYEWSKI, 2007. "Climate and culture change: exploring Holocene transitions". En: *Climate Change and Cultural Dynamics: A Global Perspective on Mid-Holocene Transitions*. ANDERSON, D.G., K.A. MAASCH y D.H. SANDWEISS (eds.):1-23. Elsevier.

BARROS V., P. LEITE DA SILVA DIAS y R. CLARKE, 2006. *El Cambio Climático en la Cuenca del Plata*. CIMA. Universidad de Buenos Aires. 74-86 pp.

BEHLING, H., 1995. *Late Quaternary environmental history from 5 new sites in the Brazilian tropics.* Abstracts, 14th INQUA Congress, Berlin, p 25.

BEHLING, H., 1998. "Late Quaternary vegetational and climatic changes in Brazil". *Review of Palaeobotany and Palynology* 99: 143-156.

BEHLING H., 2002. "South and Southeast Brazilian grasslands during Late Quaternary times: a synthesis". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology,* 177:19–27.

BEHLING, H., 2007. "Late Quaternary vegetation, fire and climate dynamics of Serra do Araçatuba in the Atlantic coastal mountains of Paraná State, southern Brazil". *Veg. Hist. Archaeobot.* 16:77-85.

BEHLING H, V. PILLAR, L. ORLÓCI y S.G. BAUERMANN, 2004. "Late Quaternary Araucaria forest, grassland (Campos), fire and climate dynamics, studied by high resolution pollen, charcoal and multivariate analysis of the Cambará do Sul core in southern Brazil". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 203:277–297.

BERKES, F. y C. FOLKE, editors, 1998. *Linking social and ecological systems*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

BERKES, F., J. COLDING y C. FOLKE, editors, 2003. *Navigating social–ecological systems:building resilience for complexity and change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

BIDEGAIN M, 2009a. *Variabilidad climática y sequías en Uruguay*. Anales de 2da Semana de Reflexión sobre Cambio y Variabilidad Climática.

BIDEGAIN M**.,** 2009b**.** Reporte final Proyecto URU/07/G32 FAO "Implementación de medidas piloto de adaptación al cambio climático en áreas costeras del Uruguay". Producto 3: *Escenarios climáticos regionales futuros de las variables de referencia y el nivel mar basado en escenarios socioeconómicos SRES A2/B2 y modelos globales avalados por el IPCC de buena performance sobre el Sudeste de Sudamérica.*

BIDEGAIN M y I. CAMILLONI, 2006. *Performance of GCMs and Climate Future Scenarios for Southeastern South America.* 8th International Conference of Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography. Foz de Iguaçu. Brasil.

BIGGS, R., F.R. WESTLEY y S.R. CARPENTER, 2010. "Navigating the back loop: fostering social innovation and transformation in ecosystem management". *Ecology and Society* 15(2): 9. [online] URL: http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss2/art9/

BOCKING, S., 2004. *Nature's experts: science, politics, and the environment*. Rutgers University Press, New York, New York, USA.

BOND, G., SHOWERS, W., ELLIOT, M., EVANS, M., LOTTI, R., HAJDAS, I., BONANI, G. y JOHNSON, S, 1999. "The North Atlantic's 1-2 kyr Climatic Rhythm: Relation to Heinrich Events, Dansgaard/Oeschger Cycles and the Little Ice Age". En: *Mechanisms of Global Climate Change at Millennial Time Scales. Geophysical Monograph* 112: 35-58.

BOND, G., KROMER, B., BEER, J., MUSCHELER, R., EVANS, M., SHOWERS, W., HOFFMANN, S., LOTTI-BOND, R., HAJDAS, I. y BONANI, G., 2001. "Persistent Solar Influence on North Atlantic Climate during the Holocene". *Science* 294:2130:2136.

BRACCO, R. y C. URES**,** 1998. "Las variaciones del nivel del mar y el desarrollo de las culturas prehistóricas del Uruguay". *Revista do Museo de Arqueología e Etnología,* 8:109-115.

BRACCO, R., F. GARCÍA-RODRÍGUEZ, H. INDA, L. DEL PUERTO, C. CASTIÑEIRA y D. PANARIO**,** 2011. "Niveles relativos del mar durante el Pleistoceno final–Holoceno en la costa de Uruguay". En: *El Holoceno en la zona costera de Uruguay*. Ed.: F. GARCÍA-RODRÍGUEZ.65-92.

BRACCO, R, L. DEL PUERTO y H. INDA**,** 2008. "Prehistoria y arqueología de la cuenca de la Laguna Merín". En: *Entre la Tierra y el Agua. Arqueología de Humedales de Sudamérica*. D. LOPONTE y A. ACOSTA (comps.): 1-60. Ed. Libros del Riel, Argentina.

BRACCO, R., L. DEL PUERTO, H. INDA y C. CASTIÑEIRA, 2005a. Middle-late Holocene cultural and environmental dynamics in the east of Uruguay. *Quaternary International* 132: 37-45.

BRACCO, R., H. INDA, L. DEL PUERTO, C. CASTIÑEIRA, P. SPRECHMANN y F. GARCÍA-RODRÍGUEZ, 2005b. "Links between Holocene sea level variation, trophic development and climatic change in Negra Lagoon, southern Uruguay". *Journal of Paleolimnology* 33: 253-263.

BRACCO, R., J.R. MONTAÑA, J. BOSSI, H. PANARELLO y C. URES, 2000. "Evolución del Humedal y Ocupaciones Humanas en el Sector Sur de la Cuenca de la Laguna Merín". En: *Arqueología de las Tierras Bajas*. A. DURAN y R. BRACCO BOKSAR (eds.): 99-116. Ministerio de Educación y Cultura. Uruguay.

BRADLEY, R.S., K.R. BRIFFA, J. COLE y M.K. HUGHES. 2003. "The Climate of the Last Millennium". En: *Paleoclimate, Global Change and the Future*. *Global Change - The IGBP Series*. ALVERSON, K.D., R.S. BRADLEY y T.F. PEDERSEN (eds.):104-141. Springer, Berlin.

CAMPOS, S., DEL PUERTO, L. *y* H. INDA, 2001. "Opal phytoliths analysis: its application to the archaeobotanical record in the East of Uruguay". En: *Phytoliths: Applications in Earth Sciences and Human History.* J.D. MEUNIER y F. COLIN (eds.): 129-142. Ed. Balkema Publisher, Lisse, France.

CARPENTER, S.R. y W.A. BROCK, 2008. "Adaptive capacity and traps". *Ecology and Society* 13(2):40. [online] URL: http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss2/art40/.

CASTIÑEIRA, C., 2008. *Aspectos de la colonización humana prehistórica del noroeste de Uruguay.* Tesis doctoral, Departamento de Posgrado de la Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires. 361 pp.

CASTIÑEIRA, C. y J. FERNICOLA, 2006. "Tefrocronología y avances para una reconstrucción paleoclimática del Holoceno Medio en la Región Norte del Uruguay". *Anales de Arquerología y Etnología*. Instituto de Arqueología y Etnología. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional de Cuyo. Nº 59-60:229-252.

CASTIÑEIRA C., J. FERNICOLA, M. ZÁRATE, A. BLASI, R. BRACCO, H. INDA y L. DEL PUERTO**.** 2005. "Aportes para una actualización de la correlación estratigráfica: Formación Sopas (Norte Uruguay)-Formación Lujan (Prov. de Buenos Aires). Implicancias Arqueológicas". *Actas del Primer encuentro de Discusión Arqueológica del noroeste Argentino*. Arqueología de cazadores recolectores en la cuenca del Plata Museo Etnográfico y Colonial "Juan de Garay" Santa Fe. Argentina.

CLAPPERTON, C., 1993. "Quaternary Geology and Geomorphology of South America". *Elsevier*. 779 pp.

CORTNER, H. J. y M.A. MOOTE. 1999. "The politics of ecosystem management". *Island Press*, Washington, D.C., USA.

CRISCI, M., 2011. *Modelación de los recursos hídricos y sus principales usos en la cuenca de aporte a Rincón del Bonete. Evaluación Económica Comparativa.* Tesis de Maestría en Ingeniería. Facultad de Ingeniería. UDELAR.

DANSGAARD, W., S. JOHNSEN., H. CLAUSEN, D. DAHL-JENSEN, N. GUNDESTRUP y C. HAMMER**,** 1984. "North Atlantic climatic oscillations revealed by deep Greenland ice cores". En: *Climate Processes and Climate Sensitivity*. HANSEN, J. y T. TAKAHASHI (eds.): 288-298. American Geophysical Union, Washington, D.C.

DEL PUERTO, L., 2011. *Silicofitolitos como indicadores paleoambientales. Bases comparativas y reconstrucción paleoclimática a partir del Pleistoceno tardío en el SE del Uruguay*. Editorial Académica Española. 160pp.

DEL PUERTO, L. y H. INDA, 2005. "Silicofitolitos: aplicaciones para la reconstrucción de los sistemas de subsistencia prehistóricos". *Anales de Arqueología y Etnología*. Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Filosofía y Letras, Instituto de Arqueología y Etnología. Nº 59-60:207-228.

DEL PUERTO, L., F. GARCÍA-RODRÍGUEZ, R. BRACCO, C. CASTIÑEIRA, A. BLASI, H. INDA, N. MAZZEO y A. RODRÍGUEZ, 2011a. "Evolución climática holocénica para el sudeste de Uruguay. Análisis multi-proxy en testigos de lagunas costeras". En: *El Holoceno en la zona costera de Uruguay.* F. García-Rodríguez (ed.). 117-154.

DEL PUERTO, L., R. BRACCO, H. INDA, O. GUTIÉRREZ, D. PANARIO y F. GARCÍA-RODRÍGUEZ**,** 2011b. "Assessing links between late Holocene climate change and paleolimnological development of Peña Lagoon using opal phytoliths, physical, and geochemical proxies". *Quaternary International.* In Press. doi:10.1016/j.quaint.2011.11.026

DEL PUERTO, L., F. GARCÍA-RODRÍGUEZ, H. INDA, R. BRACCO, C. CASTIÑEIRA y J. B. ADAMS, 2006. "Paleolimnological evidence of Holocene climatic changes in Lake Blanca, southern Uruguay". *Journal of Paleolimnology* 36:151-163.

DESCHAMPS J.R. y E.P. TONNI, 2007. *Aspectos ambientales en torno al primer fuerte de la frontera sur de Buenos Aires: "El Zanjón"* 1745-1779. Documentos de Trabajo Nº 175. Departamento de Investigaciones. Universidad de Belgrano. 24 pp.

DÍAZ, H. y F. SANTIBÁÑEZ**,** 2012. Coming Down the Mountain: Understanding the Vulnerability of Andean Communities to Hydroclimatologic Variability and Global Environmental Change Project. Marco Metodológico. http://wwwsp.iai.int/index.php?option=com_content&view=article&id= 99&Itemid=70%20

FOLKE, C., 2006. "Resilience: the emergence of a perspective for social–ecological systems analysis". *Global Environmental Change* 16(3):253-267.

ESTÉVEZ, J., 2005. *Catástrofes en la Prehistoria*. Ed. Bellaterra Arqueologia, España. 336 pp.

GARCÍA-RODRÍGUEZ, F., 2002. *Estudio paleolimnológico de lagunas de Rocha, Castillos y Blanca, sudeste del Uruguay*. Tesis de Doctorado en Biología, opción Ecología. PEDECIBA. Facultad de Ciencias. UdelaR. Mdeo. 228 pp.

GARCÍA-RODRIGUEZ, F., L. DEL PUERTO, C. CASTIÑEIRA, H. INDA, R. BRACCO, P. SPRECHMANN y B.W. SCHARF, 2001. "Preliminary Paleolimnological Study of Rocha Lagoon SE Uruguay". *Limnologica 31*: 221 – 228.

GARCÍA-RODRÍGUEZ, F., N. MAZZEO, P. SPRECHMANN, D. METZELTIN, F. SOSA, H.C. TREUTLER, M. RENOM, B. SCHARF y C. GAUCHER. 2002. "Paleolimnological assessment of human impacts in Lake Blanca SE Uruguay". *Journal of Paleolimnology*. 28:457-468.

GARCÍA-RODRÍGUEZ F., P. SPRECHMANN, D. METZELTIN, L. SCAFATI, D.L MELENDI, W. VOLKHEIMER, N. MAZZEO, A. HILLER, W. VON TÜMPLING JR. y F. SCASSO, 2004a. "Holocene trophic state changes in relation to sea level variation in Lake Blanca SE Uruguay". *Journal of Paleolimnology* 31: 99-115.

GARCÍA-RODRÍGUEZ F., D. METZELTIN, P. SPRECHMANN, R. TRETTIN, G. STAMS y L.F. BELTRÁN- MORALES, 2004b."Upper Pleistocene and Holocene paleosalinity and trophic state changes in relation to sea level variation in Rocha Lagoon, southern Uruguay". *Journal of Paleolimnology* 32:117-135.

GARCÍA-RODRÍGUEZ F., D. METZELTIN, P. SPRECHMANN y L.F. BELTRÁN-MORALES, 2004c. "Upper Pleistocene and Holocene development of Castillos Lagoon in relation to sea level variation SE Uruguay". Neues Jahrbuch *für Geologie und Paläontologie* 2004: 641–661.

GIDDENS, A., 1984. *The constitution of society: Outline of the theory of structuration*. Cambridge, Polity Press.

GONZÁLEZ-ROUCO, F., H. VON STORCH y E. ZORITA, 2003. "Deep soil temperature as proxy for surface air-temperature in a coupled model simulation of the last thousand years". *Geophysical Research Letters* 30, 2116.

GUNDERSON, L.H., C.S. HOLLING, editors, 2002. "Panarchy". *Island Press*, Washington, D.C., USA.

GUNDERSON, L.H., CARPENTER, S.R., FOLKE, C., OLSSON, P. y G. PETERSON, 2006. "Water RATs (Resilience, Adaptability and Transformability) in Lake and Wetland Social-Ecological Systems". *Ecology & Society* 11(1):16[online] URL: http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art16/

HOFTADTER, R. y M. BIDEGAIN, 1997. "Performance of General Circulation Models in Southeastern South America". *Climate Research* 9(1-2):

HOLLAND, J.H. 1999. *Emergence: from chaos to order.* Basic Books, New York, New York, USA

HOLMGREN, M., M. SCHEFFER, E. EXCURRA, J. GUTIÉRREZ y G. MOHREN, 2001. "El Niño effects on the dynamics of terrestrial ecosystems". *Trends in Ecology & Evolution* 16 (2): 89-94.

HULME, M. y CARTER T.R., 1999. *Representing uncertainty in climate change scenarios and impacts studies*. ECLAT-2 Workshop Report. CRU, Norwich.

INDA, H., 2011. *Paleolimnología de cuerpos de agua someros del Sudeste del Uruguay. Evolución holocena e Impacto Humano*. Editorial Académica Española. 134pp.

INDA, H. y L. DEL PUERTO, 2007. "Antracología y Subsistencia: Paleoetnobotánica del Fuego en la Prehistoria de la Región Este del Uruguay. Puntas de San Luis, Paso Barranca, Rocha, Uruguay". En: *Paleoetnobotánica del Cono Sur: Estudios de Casos y Propuestas Metodológicas*. B. MARCONETO, P. BABOT y N. OLISZEWSKI (comps): 137-152. Museo de Antropología, FFYH-UNC. Ferreira Editor, Argentina.

INDA, H., F. GARCÍA-RODRÍGUEZ, L. DEL PUERTO, V. ACEVEDO, D. METZELTIN, C. CASTIÑEIRA, R. BRACCO y J.B. ADAMS. 2006. "Relationships between trophic state, paleosalinity and climatic changes during the first Holocene marine transgression in Rocha Lagoon, southern Uruguay". *Journal of Paleolimnology* 35: 699-713.

IPCC, 2007. Cambio Climático 2007. Base de Ciencia Física. Contribución del Grupo de Trabajo I al Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC). S. Solomon et al.

IRIARTE, J., 2006. "Vegetation and climate change since 14,810 14C yr B.P. in southeastern Uruguay and implications for the rise of early Formative societies". *Quaternary Research* 65:20-32.

IRIONDO, M., 1999. Climatic changes in the South American plains: Record of a continent-scale oscillation. *Quaternary International* 57/58:93-112.

IRIONDO, M. y N. GARCÍA, 1993. Climatic variations in the Argentine Plain during the last 18.000 years. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 101: 209-220.

ISLA, F.H., 1989. Holocene sea-level fluctuations in the southerm hemisphere. *Quaternary* Science Review 8:359-368.

LABEYRIE, L., J. COLE, K. ALVERSON y T. STOCKER, 2003. The History of Climate Dynamics in the Late Quaternary. En: *Paleoclimate, Global Change and the Future. Global Change - The IGBP Series*. K.D. Alverson, R.S. Bradley y T.F. Pedersen (Eds.):33-72. Springer, Berlin.

LEDRU, M., 1992. Late Quaternary environmental and climatic changes in central Brazil. Quaternary Research 39:90-98.

LEROY, S., 2006. From natural hazard to environmental catastrophe: Past and present. Quaternary International 158:4-12.

LIU, J. G., T. DIETZ, S. R. CARPENTER, M. ALBERTI, C. FOLKE, E. MORAN, A.N. PELL, P. DEADMAN, T. KRATZ, J. LUBCHENCO, E. OSTROM, Z. OUYANG, W. PROVENCHER, C.L. REDMAN, S.H. SCHNEIDER y W.W. TAYLOR, 2007. "Complexity of coupled human and natural systems". *Science:* 317(5844):1513-1516.

MANCINI, M. V., M.M. PAEZ, A.R. PRIETO, S. STUTZ, M. TONELLO y I. VILANOVA, 2005. "Mid- Holocene climatic variability reconstruction from pollen records (32°-52°S, Argentina)". *Quaternary International* 132: 47-59.

MANSON, S.M., 2001. "Simplifying complexity: a review of complexity theory". *Geoforum* 32:405-414.

MARENGO J., 2007. Relatorio "Caracterizaçao do clima de Seculo XX e Cenarios no Brasil e na America do Sul para o Seculo XXI derivados dos Modelos de Clima do IPCC. Cap.5. CPTEC/INPE. Brasil.

MARKGRAF, V.. 1993. "Climatic history of Central and South America since 18.000 yr. BP." En: *Global Climates Since the Last Glacial Maximum.* H. WRIGHT JR., J. KUTZBACH, T. WEBB, W. RUDDIMAN, F. STREET-PERROTT y P. BARTLEIN (eds.): 357-385. University of Minnesota Press.

MÁRQUEZ, L. 2010. *Sistematización de los proyectos y estudios sobre reducción de la vulnerabilidad, sustentabilidad ambiental y reducción de la pobreza*. Montevideo: ONU-OPP. Manuscrito.

MARTIN, L. y K. SUGUIO, 1992. "Variation of coastal dynamics during the last 7000 years recorded in breachridge plains associated with river mouths: example from the Central Brazilian Coast". *Palaeogeography, Palaeoclimatology and Palaeoecology* 99:119-140.

MARTÍNEZ, S., 1989. "Taphonomy and paleoecology of Holocene molluscs from the western margin of the Merin Lagoon (Villa Soriano Fm, Uruguay)". *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*. 7: 121-135.

MARTÍNEZ, S. y A. ROJAS., 2006. "Asociaciones de moluscos bentónicos cuaternarios en la costa uruguaya: implicancias paleoecológicas". En: *Bases para la conservación y el manejo de la costa uruguaya.* R. MENAFRA, L. RODRÍGUEZ, F. SCARABINO y D. CONDE (eds.):189-196.Vida Silvestre Uruguay.

MELO, M.S., P.C.F. GIANNINI, L.C. PESSENDA y M.B. NETO, 2003. "Holocene paleoclimatic reconstruction based on the Lagoa Dourada deposits, southern Brazil". *Geologica Acta* 1 (3):289-302.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MA), 2005. "Ecosystems and human well-being: synthesis". *A report of the Millennium Ecosystem Assessment*. Island Press, Washington, D.C., USA.

MITCHELL J.F.B. JOHNS T.C. EAGLES, M. INGRAM, W.J. y DAVIES R.A., 1999. "Towards the development of climate change scenarios". *Climate Change.* 41:547-581.

MONTAÑA, J. y J. BOSSI, 1995. "Geomorfología de los Humedales de la cuenca de la Laguna Merín en el departamento de Rocha". Ed. PROBIDES. 65pp.

MORO, R., C. BICUDO, M. DE MELO y J. SCHMITT, 2004. "Paleoclimate of the late Pleistocene and Holocene at Lagoa Dourada, Paraná State, southern Brazil". *Quaternary International*, 114: 87-99.

MVOTMA, 2010. Plan Nacional de Respuesta al Cambio Climático. Montevideo: MVOTMA/OPP/ONU.

NAKICENOVIC, N. y R. SWART [eds.], 2000. *Special Report on Emissions Scenarios: A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 599 pp.

NAKICENOVIC, N., GRUBER, A. MCDONALD A. (Eds.), 1998. *Global Energy Perspectives*. Cambridge University Press, Cambridge, MA, 299 pp.

NORBERG, J. y G.S. CUMMING, editors, 2008. *Complexity theory for a sustainable future*. Columbia University Press, New York, New York,USA.

O'BRIEN, K., B. HAYWARD Y F. BERKES, 2009. "Rethinking Social Contracts: Building Resilience in a Changing Climate". *Ecology and Society.* 14(2): 12. Online at: http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art12/

OLDFIELD, F. y K. ALVERSON, 2003. "The Societal Relevance of Paleoenvironmental Research". En: *Paleoclimate, Global Change and the Future*. *Global Change - The IGBP Series*. K.D. ALVERSON, R.S. BRADLEY y T.F. PEDERSEN (eds.):1-13. Springer, Berlin.

PANARIO, D. y G. PIÑEIRO**,** 1997. "Vulnerability of oceanic dune systems under wind pattern change scenarios in Uruguay". *Climate Research* 9 (1-2): 67-72.

PIOVANO, E.L., D. ARIZTEGUI, F. CÓRDOBA, M. CIOCCALE y F. SYLVESTRE, 2009. Hydrological variability in South America below the Tropic of Capricorn (Pampas and eastern Patagonia, Argentina) during the last 13.0 ka. In: VIMEUX, F., SYLVESTRE, F., KHODRI, M. (Eds.), *Past Climate Variability from the Last Glacial Maximum to the Holocene in South America and Surrounding Regions (Focus on Local and Large Scale Teleconnections).* Springer- Developments in Paleoenvironmental Research Series (DPER), pp. 323-352.

PILKEY, O.H. Y L. PILKEY-JARVIS, 2007. *Useless arithmetic: why environmental scientists can't predict the future*. Columbia University Press, New York, New York, USA.

POLITIS, G.., 1984. "Climate variations during historical times in Eastern Buenos Aires Pampas, Argentina". *Quaternary of South America and Antartic Peninsula.* Vol.2: 133-159.

PRIETO, A.R**.,** 2000. "Vegetational history of the Late glacial– Holocene transition in the grasslands of Eastern Argentina". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 157 (3– 4), 167–188.

PRIETO, A.R., 1996. "Late Quaternary Vegetational and Climatic Change in the Pampa Grassland of Argentina". *Quaternary Research* 45:73-88.

PRIETO, M. y R. JORBA, 1991. "Anomalías climáticas en la Cuenca del Plata y el NOA y sus consecuencias socioeconómicas durante los siglos XVI, XVII y XVIII". *Leguas* 1: 41-103.

PRIETO, A., A. BLASI, C. DE FRANCESCO y C. FERNÁNDEZ**,** 2004. "Environmental history since 11,000 14C y R B.P. of the northeastern Pampas, Argentina, from alluvial sequences of the Luján River". *Quaternary Research* 62: 146-161.

PROHASKA H. E., 1976. "The climate of Argentina, Paraguay and Uruguay". En: , W. (ed.) *Climates of Central and South America. World Survey of Climatology.* Volumen XXII. Elsevier, Amsterdam. Pag. 13-112.

QUATTROCCHIO, M.E., A.M. BORROMEI, C.M. DESCHAMPS, S.C. GRILL y C.A. ZAVALA, 2008. Landscape evolution and climate changes in the Late Pleistocene-Holocene, southern Pampa (Argentina): Evidence from palynology, mammals and sedimentology. *Quaternary International* 181: 123-138.

RABASSA, J., 2008. "Late Cenozoic Glaciations in Patagonia and Tierra del Fuego". *Developments in Quaternary Sciences* 11:151-205.

ROBERTS, N., 2009. "Holocene Climates". En: *Encyclopedia of Paleoclimatology and Ancient Environments*. V. Gornitz (ed): 438-441. Springer, Dordrecht, Netherlands.

ROE, G. y M. BAKER, 2007. "Why is climate sensitivity so unpredictable?". *Science*. 318:629-632.

ROECKNER, E., G. BÄUML, L. BONAVENTURA, R. BROKOPF, M. ESCH, M. GIORGETTA, S. HAGEMANN, I. KIRCHNER, L. KORNBLUEH, E. MANZINI, A. RHODIN, U. SCHLESE, U. SCHULZWEIDA, y A. TOMPKINS, 2003. The atmospheric general circulation model ECHAM5. PART I: Model description, Tech. Rep. 349, Max-Planck-Inst. für Meteorol., Hamburg, Germany.

SCHEFFER, M., 2009. *Critical transitions in nature and society*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.

SCOTT, W. R., 2001. *Institutions and Organizations*. Thousand Oaks, Sage Publications.

SOLOMON, S., D. QIN, M. MANNING, Z. CHEN, M. MARQUIS, K.B. AVERYT, M.TIGNOR y H.L. MILLER [EDS.], 2007. Climate Models and Their Evaluation. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

SPRECHMANN, P., 1978. "The paleoecology and paleogeography of the Uruguayan coastal area during the Neogene and Quaternary". *Zitteliana* 4:3-72. Stuttgart.

TEBALDI C. K. HAYHOE., J. ARBLASTER y G. MEEHL, 2006. "Going to the extremes. An intercomparison of model-simulated historical and future changes in extreme events". *Climatic Change.* 79:185-211.

TONELLO M.S. y A.R PRIETO, 2009. "Tendencias climáticas para los pastizales pampeanos durante el Pleistoceno tardío-Holoceno: Estimaciones cuantitativas a partir de registros polínicos fósiles". *Ameghiniana* (Enviado).

TONNI, E.P., A.L. CIONE y A.J. FIGINI, 1999. Predominance of arid climates indicated by mammals in the pampas of Argentina during the Late Pleistocene and Holocene. *Palaeogeography,Palaeoc limatology and Palaeoecology* 147:257-281.

VILLAGRÁN, C, 1990. Glacial Climates and their effects on the history of the vegetation of Chile: a synthesis based on palynological evidence from Isla de Chiloe. *Review of Palynology & Palaeobotany* 65:17-24.

WALKER, B.H. y D. SALT, 2006. Resilience Thinking: Sustaining Ecosystems and People in a Changing World. Island Press, Washington, D.C., USA.

YOUNG FOUNDATION, 2006. *Social innovation: what it is, why it matters, how it can be accelerated*. Basingstoke, London, UK.

YOUNG, M.N., M.W. PENG, D. AHLSTROM, G.D. BRUTON y Y. JIANG, 2008. "Corporate Governance in Emerging Economies: A Review of the Principal–Principal Perspective". *Journal of Management Studies*. 45(1):196-220.

ZÁRATE, M., R.A. KEMP, M. ESPINOSA y L. FERRERO, 2000. "Pedosedimentary and palaeoenvironmental significance of a Holocene alluvial sequence in the southern Pampas, Argentina". *The Holocene* 10 (4): 481-488.

ZOLITSCHKA, B. y D. ENTERS, 2009. "Lacustrine Sediments". En: *Encyclopedia of Paleoclimatology and Ancient Environments*. V. Gornitz (ed): 485-488. Springer. Dordrecht, Netherlands.

Capítulo 3

Ganadería

BARTABURU D., E. DUARTE, E. MONTES, H. MORALES GROSSKOPF, M. PEREIRA, 2009. *"Las sequías: un evento que afecta la trayectoria de las empresas y su gente"*. MORALES GROSSKOPF H., Y DIEGUEZ CAMERONI F. (EDS.). En: *Familias y campo. Rescatando estrategias de adaptación*. IPA. Montevideo, pp. 155-168.

BARTABURU D., P. ARBELETCHE, D. GANDOLFO, E. DUARTE, E. MONTES, H. MORALES, M. PEREIRA, 2011 *Caracterización del comportamiento de los ganaderos del basalto uruguayo en adaptación a la sequía 2005-2006*. 1° Encuentro de Investigadores del Norte. UDELAR. Salto. Uruguay.

BARTABURU D., E. DUARTE, E. MONTES, H. MORALES, M. PEREIRA, 2011a. *Adaptation to climate change and droughts by Uruguayan livestock farmers on Basaltic soils: Stocking rate.* International Rangeland Congress. Argentina. 208.

BARTABURU D., M. PEREIRA, E. MONTES, E. DUARTE, 2011b .Anteproyecto Campo Valentín. Informe interno Instituto IPA.

BARTABURU D., E. DUARTE, E. MONTES, H. MORALES, M. PEREIRA, 2011c .*Uruguayan basaltic farmers adaptation to drought and climate change in relation to the productive systems*. International Rangeland Congress. Argentina.207.

MGAP-FAO, 2012. M. BIDEGAIN, C. CRISCI, L. DEL PUERTO, H. INDA, N.MAZZEO, J. TAKS, R. TERRA. "Variabilidad climática de importancia para el sector productivo". En: *Clima de cambios: Nuevos desafíos de adaptación en Uruguay*. Vol.I, Montevideo.

BOMMEL P., F. DIEGUEZ, H. MORALES, D. BARTABURU, E. DUARTE, E. MONTES, M. PEREIRA, J. CORRAL, 2013. "One more step towards participatory modeling. Involving local stakeholders in designing scientific models for participative foresight studies". *Journal of Artificial Societies Simulation* (submitted).

BROWN P., K. BRIDLE, R. TOMS-MORGAN, D. RODRIGUEZ, 2011. *Measuring de Adaptive Capacity of Southern Queensland farmers to climate change*. 5th World Congress of Conservation Agriculture incorporating 3rd Farming Systems Design Conference, Brisbane, Australia www.wcca2011.org.

BURTON. R, S. PEOPLES, 2008. *Learning from past adaptations to extreme climatic events: a case study of drought.* Part A. Summary Report. AgResearch.

CASH D.W., W.C. CLARK, F. ALCOCK , N.M. DICKSON, N. ECKLEY, H. GUSTON DAVID, J. JÄGER, R.B. MITCHELL, 2003. *Knowledge systems for sustainable development*. Proceedings of the National Academy of Sciences. 100:8086-8091. URL: http://www.pnas.org/cgi/content/abstract/1231332100v1

CORRAL J., D. CALEGARI 2011 "Towards an Agent-Based Methodology for Developing Agro-Ecosystem Simulations". In: Barthe G., Pardo A., Schneider A. (Eds), *Software Engineering and Formal Methods. Heidelberg.* Springer Berlin. pp : 431-446

DIEGUEZ-CAMERONI, F. BOMMEL, P. CORRAL, J. BARTABURU, D. PEREIRA, M. MONTES, E. DUARTE, E. MORALES GROSSKOPF, H., 2012. "Modelización de una explotación ganadera extensiva criadora en basalto". *Agrociencia,* 16, 120-130. UDELAR-INIA

DIEGUEZ CAMERONI F.J., R. TERRA, S. TABAREZ, P. BOMMEL, J. CORRAL, D.BARTABURU, M.PEREIRA, E. MONTES, E. DUARTE, MORALES GROSSKOPF. H., 2013. *"Virtual experiments using a participatory multi-agent model to explore interactions between climatic variability and management decisions in extensive grazing systems in the basaltic region of Uruguay". Agricultural Systems* (submitted).

ERREA E., J.PEYROU , J. SECCO, G. SOUTO, 2011. *Transformaciones en el agro uruguayo. Nuevas instituciones y modelos de organización empresarial*. UCUDAL. 120.

HARRINGTON H.J., K. TUMAY, 2000. *Simulation modeling methods*. McGraw-Hill, New York.

HOWDEN S. M., C. J. STOKES, 2010. *Adapting agriculture to climate change*.

HOWDEN M., 2012. *Explorando mejores formas de adaptación de la agricultura uruguaya a la variabilidad climática y el cambio climático.* Presentation to the FAO Regional Wokshop on adaptation of agriculture to climate change. Montevideo.

IPA, 2010. "Trabajando juntos las organizaciones de productores y las instituciones públicas". Marzo 2010. *Revista Instituto* IPA N° 133, p. 8.

IPA, 2011. *Carga animal y adopción de tecnología: lineamientos para la difusión*. INIA-FPTA 181.

LEVROUW F., H. MORALES GROSSKOPF, P. ARBELETCHE, J.F. TOURRAND, I. MALAQUÍN, B. DEDIEUm 2007. "Estrategias de largo de los ganaderos uruguayos en situaciones de incertidumbre". *Agrociencia.* 11 2, 87 – 93. UDELAR-INIA.

MALAQUÍN I., H. MORALES, 2012. "Evaluación de la capacidad de adaptación de los sistemas ganaderos. La Clave en la Gestión: Autoevaluar". *Revista del* IPA 144 pp 22-28

MALAQUÍN I., P. WAQUIL, MORALES GROSSKOPF H, 2012. "Sustentabilidad social de explotaciones ganaderas. El caso de la región de basalto- Uruguay". *Agrociencia (*Uruguay), 16. pp. 198 - 202,

MGAP 2010. PAOLINO C., M. METHOL, D.QUINTANS. 2010. "Estimación del impacto de una eventual sequía en la ganadería nacional y bases para el diseño de políticas de seguros". *Anuario de OPYPA*, Montevideo.

MGAP 2011. Presentación de datos preliminares del Censo General Agropecuario 2011. Disponible en: http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,149,O,S,0,MNU;E;55;1;mnu; MGAP. 2012 Anuario Estadístico DIEA.

MORALES H., P. CORREA, A.NOBOA, L.SALVARREY, 2003. "Knowing the strategiesof the livestock farmers of the NW of Uruguay". In: *Proceedings of the VIIthInternational Rangelands Congress*. Editors: N. ALLSOPP, A.R. PALMER, S.J.MILTON, K.P. KIRKMAN, G.I.H. KERLEY, C.R. HURT, C.J. BROWN

DURBAN, SouthAfrica 26th July-1st August 2003. pp 1857-1859.

MORALES GROSSKOPF, H., D.BARTABURU, F. DIEGUEZ, P. BOMMEL, J. CORRAL, M. PEREIRA, R. TERRA, S. TABÁREZ, 2012. *Experimentos virtuales para explorar la interacción entre el clima, el crecimiento del campo natural, la performance de un rodeo vacuno y los resultados económicos.* Congreso de Ingenieros Agrónomos Montevideo p. 45.

PICASSO, V., L. ASTIGARRAGA, I.BUFFA, D. SOTELO, G. AMERICO, R. TERRA, P. V. OORT, MEINKE, 2011. *Robustness of livestock farmers to climate variability: a case study in Uruguay* , 2011, 5th World Congress of Conservation Agriculture incorporating 3rd Farming Systems Design Conference , Brisbane, Australia , 2011: www.wcca2011.org

PICASSO, V., LIZARRALDE, C. MOLINA, D. BARTABURU, H. MORALES, L. ASTIGARRAGA, 2013. *A quantitative assessment of robustness to drought in livestock grazing systems in Uruguay.* First International Conference on Global Food Security. Noordwijkerhout, The Netherlands. www.globalfoodsecurityconference.com

THORNLEY, J.H.M., J. FRANCE, 2007. *Mathematical models in agriculture*. Cabi Publishing, London.

Lechería

ASTIGARRAGA L., 2004. "Desafíos técnicos de la intensificación". En: *Intensificación el Lechería: la alternativa rentable.* FPTA 101, INIA-FUCREA, Facultad de Agronomía. Montevideo, Uruguay.

HERNÁNDEZ A., 2009. *La Producción lechera en el Uruguay año 2007*. Serie de encuestas N° 278. Montevideo, Uruguay. 75 p.

HERNÁNDEZ A., G. FREIRÍA, 2011. *El subsector lechero uruguayo en el presente productivo.* Revista IPA, 141, 64-68. Disponible en línea: http://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R141/R_141_64.pdf

HOLLING, C.S., 1973. "Resilience and stability of ecological systems". *Annual Review of Ecology and Systematics*.

HOLLING, C.S., 1973. "Resilience and stability of ecological systems". *Annual Review of Ecology and Systematics.*

MGAP 2005. *Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay*. Versión en CD. Montevideo, Uruguay.

SIERRA, M., 2011. *Oferta tecnológica a nivel del sector primario y su relación con el estado actual del desarrollo de la producción de leche en Uruguay*. FAO - INALE. Disponible en línea: http://www.inale.org/innovafront/search.jsp

THORNTHWAITE, C.W.; J.R. MATHER, 1967. *Instrucciones y tablas para el cómputo de la ETP y el balance hídrico*. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 55p.

URUGUAY XXI. *Promoción de Inversiones y Exportaciones 2012. Sector lácteo, oportunidad de inversiones en Uruguay.* Disponible en línea: http://www.uruguayxxi.gub.uy/wp-content/uploads/2011/11/Sector-Lácteo-Uruguayy-XXI-Julio-2012.pdf

VIDAL M. E., 2012. "Producción Lechera: situación y perspectivas". En: *Anuario 2012* – MGAP, OPYPA, Uruguay. Disponible en línea: http://www.mgap.gub.uy/opypa/ANUARIOS/Anuario2012/material/pdf/05.pdf

Agricultura de secano y arroz

ACA 2012. Asociación de Cultivadores de Arroz, información disponible en el sitio web: http://www.aca.com.uy/ (junio, 2013).

ARBELETCHE, P., G., GUTIÉRREZ, 2011. "Crecimiento de la agricultura en Uruguay: exclusión social o integración económica en redes". *Revista Pampa*. Santa Fé, Argentina, v. 6, p. 113-138.

ARBELETCHE, P; C. CARBALLO, 2008. *La expansión agrícola en Uruguay: alguna de sus principales consecuencias*. En XXXIX Congreso de la Asociación Argentina de Economía Agrícola y Segundo Congreso Regional de Economía Agraria, Montevideo, Uruguay. CD.

ARBELETCHE, P; J.M. FERRARI; G. SOUTO; J.ESCUDERO, 2008. *Impactos socioeconómicos de la soja en Uruguay.* Primer Congreso de la Soja. Disponible en: www.mesadeoleaginosos.org.uy. Mayo 2013.

BAROFFIO, J., J., RAMOS, 2009. *Calibración y validación del modelo CropSyst para un cultivar de soja para las condiciones de producción del Litoral-Oeste de Uruguay*, Facultad de Agronomía. Universidad de la República - Facultad de Agronomía, Montevideo, p. 79.

BLANCO P., A. ROEL, E. DEAMBROSI, C. BONILLA, G. CANTOU, F. MOLINA, 2010. *Closing the yield gap in rice production in Uruguay: impact of technological changes*. International Rice Research Conference, Vietnam, noviembre 2010.

DIEA 2011. *Anuario Estadístico Agropecuario 2011*. Disponible en: www.mgap.gub.uy.

DIEA: Fuentes de información estadística utilizada. Estadísticas Agropecuarias. Disponible en: http://www.mgap.gub.uy

D´OTTONE, F., 2011. *Determinación de parámetros de crecimiento y desarrollo de cultivares de trigo requeridos para el uso del modelo de simulación CropSyst.* Facultad de Agronomía. Universidad de la República-Facultad de Agronomía, Montevideo, p. 79.

ERNST, O., 2011. "Cambios en la agricultura, situación actual y demandas de investigación". En: CASTRO, A., HOFFMAN, E., VIEGA, E. (Eds.) *Limitaciones para la productividad de trigo y cebada*. Facultad de Agronomía – Montevideo, Uruguay. pp 3-9.

GAMARRA, G., 1996. *Arroz. Manual de Producción*. Editorial Hemisferio Sur, Montevideo, Uruguay. Riego y Drenaje. Páginas 183 a 225.

RODRÍGUEZ, N., 2011. Cap. 5 – "Agricultura de Secano". En: VASSALLO, M. (Ed.). *Dinámica y competencia intrasectorial en el agro Uruguay 2000-2010*. Facultad de Agronomía – Montevideo, Uruguay. pp 73-88.

ROEL, A., P. BLANCO, 1993. Resultados experimentales, Jornada de arroz, INIA Treinta y Tres

ROEL, A., 2004. *Asociación entre las fases de El Niño y la producción arrocera del Uruguay*. INIA Serie Técnica Nº 148.

SAMAN. Base de datos de productores de las zafras desde 2000-2001 a 2010-2011

STÖCKLE, C.O., M. DONATELLI, R. NELSON, 2003. "CropSyst, a cropping systems simulation model". *European Journal of Agronomy* 18, 289-307.

UPAG. Unidad de Producción Arroz-Ganadería: actividades de Difusión Nº 534. Resultados 2007-2008. Resultados experimentales, Jornada arroz, INIA Treinta y Tres

Fruticultura y vitivinicultura

AGENIS-NEVERS, M., 2005. *Impacts du changement climatique sur les activités Viti-vinicoles*. In Obsevatoire National sur les effets du réchauffement climatique. Ministère de l'Ecologie et du Développemnet Durable.

AMERINE, M.A. y A.T. WINKLER, 1944. *Composition and quality of musts and wines of California grapes*. Hilgardia (University of California) 15: 493–673.

BERGQVIST, J., N. DOKOOZLIAN, Y N. EBISUDA, 2001. *Sunlight exposure and temperature effects on berry growth and composition of Cabernet Sauvignon and Grenache in the Central San JoaquinValley of California*. Am. J. Enol. Vitic. 52:1-6.

BIDABE B., 1965. *L'action des températures sur l'évolution des bourgeons de l'entrée en dormance à la floraison.* In CR 96ème Congrès Pomologique. 51-56 pp.

BOCK, A.; T. SPARKS; N. ESTRELLA; A. MENZEL, 2011. *Changes in the phenology and composition of wine from Franconia, Germany.* Climate Research. 50: 69-81.

BRIN, J (ed.), 2006. *Las organizaciones de productores y el desarrollo de la granja: oportunidades y desafíos.* Montevideo: IICA/ JUNAGRA.

CAMM-Mercado Modelo. Precios de frutas. Consultado en junio 2012 en www.mercadomodelo.net

CAPUTTI, P., CANESSA, S., 2012. *Plan estratégico para los frutales de hoja caduca*, p. 89, disponible en www.mgap.gub.uy

CARBONNEAU, A., 2000 *Climat et sol: critères d'évaluation et effets sur le comportement de la vigne.* In CR III Simposio Internacional Zonación Vitivinícola, 8-12 Mayo 2000, Tenerife (España).

CARBONNEAU, A., A. MOUEIX, N. LECLAIR, J. RENOUX, 1991. *Proposition d'une mèthode de prélèvement de raisin à partir de l'analyse de l'hétérogénité de maturation sur un cep*. Bull. OIV 727/728: 679 – 690.

CARBONNEAU, A., A. DELOIRE; P. COSTANZA, 2004. *Le potentiel hydrique foliaire : sens des différentes modalités de mesure*. J. Int. Sci. Vigne Vin, 38, 1, 15-19.

CHAMPAGNOL, F., 1984. *Eléments de physiologie de la vigne et viticulture générale*. Imp. Dehan, Montpellier 351p.

CHIAPPE, M; D., PIÑEIRO, 1994. *El sector frutícola en el Uruguay: efectos del cambio técnico sobre la fuerza de trabajo*. Ponencia presentada en la XVIII Conferencia Internacional de LASA- Atlanta, USA. Marzo 10- 12, 1994

CONDE, C.; P. SILVA; N. FONTES, 2007. ACP DIAS, Y RM. TAVARES. *Biochemical changes throughout grape berry development and fruit and wine quality*. Food, 1(1):1–22.

CONTARIN, S.E. Y L.A. CURBELO, 1987. *Aporte para la regionalización del cultivo de frutales de hoja caduca en el país según la ocurrencia de frío invernal para el rompimiento del receso*. Facultad de Agronomía. Uruguay. Tesis Ing. Agr., 116p.

COOMBE, B.G., 1987. "Influence of temperature on composition and quality of grapes". *Acta Horticulturae.* 206, 23-36.

DI LENA, B., SILVESTRONI, O., MARIANI , L., PARISI, S., F. ANTENUCCI, 2012. "European climate variability effects on grapevine harvest date time series in Abruzzi (Italy)". *Acta Horticulturae.* (ISHS) 931:63-69.

DIEA 2003b, *La vitivinicultura en Uruguay: contribución a su conocimiento*. www.mgap.gub.uy

DIEA, 2011. Anuario Estadístico 2011. Disponible en www.mgap.gub.uy.

DIEA-MGAP. Encuesta frutícola de hoja caduca: 1994, 1996 a 2009. Disponible en www.mgap.gub.uy

DOKOOZLIAN, N.K., J.A. BERGQVIST, 2001. *Influence of sunlight exposure on the berry growth and composition of two red wine grape cultivars.* In: C. R. XII GESCO Montpellier-France. 77-84.

DUCHÊNE, E., C. SCHNEIDER, 2005. *Grapevine and climatic changes: a glance at the situation in Alsace*. Agron. Sustain. Dev. 25. 93–99 pp.

ECHEVERRÍA, G. 2003. *Luces y sombras en el desarrollo de la competitividad vitícola de Uruguay: un enfoque evolucionista*. Tesis de Maestría en Viticultura, enología y gestión de empresas. Facultad de Agronomía /UDELAR Uruguay, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, Francia 130p

FERRER, M. 2007. *Étude du climat des régions viticoles de l'Uruguay, des variations climatiques et de l'interaction apportée par le microclimat et l'écophysiologie des systèmes de conduite Espalier et Lyre sur Merlot.* Thèse Doctorat École Nationale Supérieure Agronomique – Université de Montpellier II. France. 360p.

FREGONI, 1999. *Viticultura di quàlità* . Ed. L'Informatore Agrario Srl. 777p.

FRIAS, M. 2006. *Requerimiento de frío en frutales*. Centro de Pomáceas, Universidad de Talca, Chile. Pomáceas (6) 4:4p

FUSTER REBELLATO, A. F., DE HEGEDEUS P., GRAVINA, M.V., 2011. *Tipología de subjetividades relacionadas con la baja adopción de tecnología en fruticultura*. Agrociencia Uruguay, V15, 2: 158- 163

GARCÍA DE CORTAZAR, A., 2006 Adaptation du modele STICS a la vigne (Vitis vinifera L.). *Utilisation dans le cadre d'une étude d'impact du changement climatique á l'échelle de la France*. Thèse Doctorat École Nationale Supérieure Agronomique – Université de Montpellier II. France. 349p

GOTO-YAMAMOTO, N., MORI, K., NUMATA, M., KOYAMA, K., M. KITAYAMA, 2010 *Effets of temperaturs ans wáter regimes on flavonoid contents and composition in the skin of red-wine grapes*. J. Int. Sci. Vigne Vin, special issue Macrowine, june 2010, 75-80

GREER, D. H., 2012. *Modelling leaf photosynthetic and transpiration temperature-dependent responses in Vitis vinifera cv. Semillon grapevines growing in hot, irrigated vineyard conditions*. AOB PLANTS

HUANG, X., A.N. LAKSO, D.M. EISSENSTAT., 2005. *Interactive effects of soil temperature and moisture on 'Concord' grape root physiology.* J. Experimental Botany 56(420): 2651-2660.

HUGLIN P., 1978. *Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieu viticole*. Comptes Rendues de l'Académie d'Agriculture. 1117-1126.

HUGLIN, P.; C. SCHNEIDER, 1998. *Biology et ecology de la vigne*.Lavoiser. Paris, France. 370p.

HUNTER, J. J., V. BONNARDOT, 2011. *Suitability of Some Climatic Parameters for Grapevine Cultivation in South Africa, with Focus on Key Physiological Processes*. S. Afr. J. Enol. Vitic., Vol. 32, No. 1 137-154.

INAVI, 2012. Sitio Oficial: www.inavi.com.uy

INIA GRASS. Servicio de clima, INIA Las Brujas. Seguimiento del frío invernal, método Richardson y Weinberger. Disponible en www.inia.org/clima

JONES G.V., M.A. WHITE COOPER, O. R. STORCHMANN K., 2005. *Climate Change and Global Wine Quality.* Climatic Change. 73(3):319-343.

KELLER, M., J. M. TARARA, L. J.MILLS, 2010. *Spring temperatures alter reproductive development in grapevines.* Australian Journal of Grape and Wine Research 16, 445–454, 2010

KLIEWER, W. M., 1977. *Influencee of temperature solar radiation and nitrogen on coloration and composition of Emperor grapes.* Am. J. Enol. Vitic. 28 (2) 96-102

KLIEWER W.M., R.E. TORRES, 1972. *Effect of controlled day and night temperatures on grape coloration*. Amer. J. Enol Vitic. 23(2):71-77.

LEBON, E., 2002. *Changements climatiques: quelles conséquences prévisibles sur la viticulture?* 6èmes Rencontres Rhodaniennes. Ed. Inst. Rhodanien. Orange, France. 31-36pp.

MGAP. *Anuario OPYPA*, de 1993 a 2010, Capítulos: "Situación actual y perspectivas de la fruticultura de hoja caduca".

MOHAMEND, H.B., A. VADEL, J. GEUNS, H. KHEMIRA, 2010. "Biochemical changes in dormant grapevine shoot tissus in reponse to chilling: posible role in dormancy reléase." *Siencia Horticulturae* 124, 440-447.

MORI, K., N. GOTO-YAMAMOTO, M. KITAYAMA, K. HASHIZUME, 2007. "Loss of anthocyanins in red-wine grape under high temperature". *Journal of Experimental Botany*, Page 1 of 11.

NEETHLING E., G. BARBEAU, H. QUENOL, C.BONNEFOY, 2011. "Evolution du climat et de la composition des raisins des principaux cépages cultivés dans le Val de Loire". *Climatologie*, vol. 8, 77-90.

OJEDA, H. A. DELOIRE, A. CARBONEAU,A. AGEORGES, C. ROMIEUJ, 1999. *Berry development of grapevines : relations betwen the grows of berrys and their DNA content indicate cell multiplication and enlargement.* Vitis 28 (4) : 145 – 150

PANARIO, D, M. ACHKAR, J. P AICARDI, 2000 *Sector agropecuario: diagnóstico y escenarios sustentables*. En Uruguay sustentable. Una propuesta ciudadana Redes AT Montevideo, Uruguay.

POUGET R., 1988. *Le débourrement des bourgeons de la vigne : méthode de prévision et principes d'"établissement d'une échelle de précocité de débourrement*. Conn. Vigne-Vin., 22(2):105-123.

PRESCOTT, J., 1969. "The climatology of the Vine (Vitis vinifera L.)". Transactions of the Royal Society of SouthAustalia. 93: 1-15 pp.

RIBÉREAU-GAYON, P., D. DUBOURDIEU, B.DONÈCHE, A. LONVAUD, 2000. "Varietal aroma 2000". In: *Handbook of enology*. Vol 2: The Chemistry of Wine. Stabilization and Treatments, RibéreauGayon, P., Ed. Jonh Wiley & Sons: Chichester, England,; Vol. 2, pp 205-230.

RICHARDSON, E. A.; S. D. SEELEY Y D. R. WALKER, 1974. "A model for estimating the completion of rest for 'Redhaven' and 'Elberta' Peach trees". *HortScience*, 9(4):331-332.

RIOU, CH, 1994. "Le determinisme climatique de la maturation du raisin : application au zonage de la teneur en sucre dans la communauté européenne". *Luxembourg Office des Publications Officielles des Communautés Européennes* 322 p.

ROUCHARD,E., 2003. "*Characterization of the notion of typicité through the expression of ecological factors*". Wine internet, *Technical Journal* p. 16.

SADRAS, V.O., P.R. PETRIE, 2011. "Quantifying the onset, rate and duration of sugar accumulation in berries from commercial vineyard in contrasting climates of Autralia". *Autralian Journal of Grape and Wine Research* 17, 190-198.

SCHULTZ, H.R., 2000 *Climate change and viticulture: a European perspective on climatology, carbon dioxide, and UV-B effects*. Aust. J. GRAPE AND WINE RESEARCH 6: 2-12.

RASMUSSEN, P., 1963. *Relaciones intersectoriales*. Editorial Aguilar, Madrid.

TOMASI, D., G.V. JONES, M. GIUSTR, L. LOVAT, F. GAIOTTI, 2011 *Grapevine Phenology and Climate Change: Relationships and Trends in the Veneto Region of Italy for 1964-2009* .Am. J. Enol.V itic.62:3 (2011) 329-339

TONIETTO, J., 1999. *Les macroclimats viticoles mondiaux et l'influence du mésoclimat sur la typicité de la Syrah et du Muscat de Hambourg dans le sud de la France*. Tesis de Doctorado ENSA Montpellier. 233p

TONIETTO J. Y A. CARBONNEAU, 2001. *Régime thermique en période de maturation du raisin dans le géoclimat viticole Indice de Fraicheur des nuits-IF et Amplitude thermique* www.cnpuv.embrapa.br

VAN LEEUWEN, C., P. FRIANT, M.E. JAECK, S. KUHN, O. LAVIALLE, 2004 *Hierarchy of the role of climate, soil and cultivar in terroir effect can largely be explained by vine water status.* In: C.R. Inter vitic zoning cape town-south Africa 433-439.

WANG, Z.P.; A. DELOIRE, A. CARBONNEAU, B.FEDERSPIEL, F. LOPEZ, 2003. "An in vivo experimental system to study sugar phloem unloading in ripening grapes berries during water deficiency stress". *Annals of Botany*. 92: 523-528.

WINKLER, A. J., J. COOK, W.M.KLIEVER, L. A. LIDER, 1974. *General viticulture.* Univ. California. Press. Berkeley. Los Angeles. 710p.

ZORER, R., T. COBELLI, L. ZULINI, M. BERTAMINI, 2005. *Effect of temperature end light availability on ripening of Vitis vinifera L. cv. Chardonnay.* In: C.R .XIV GESCO Vol. 2 Greisenheim - Allemagne. 319-325.

ZUFFEREY V., F. MURISIER, 2004. *Étude des terroirs viticoles vaudois : comportement de la vigne en fonction des conditions pedo-climatiques. Agroscope RAC Changins Station fédérale de recherches agronomiques de Changins, Centre viticole du Caudoz, CH-1009 Pully*. Rapport Final 222 p.

Capítulo 4

CEPAL, 2010. La economía del cambio climático en el Uruguay. En: La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe, Síntesis 2010. CEPAL, noviembre de 2010.

DIEA, 2010. "Estimación del impacto de una eventual sequía en la ganadería nacional y bases para el diseño de políticas de seguros". *Anuario Estadístico Agropecuario* 2010, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP).

DIEA, 2012. *Anuario Estadístico Agropecuario* 2012, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP).

RASMUSSEN, P., 1963. *Relaciones intersectoriales*. Editorial Aguilar, Madrid.

TERRA, MA. INES, 2009. *¿Cuál es la importancia real del sector agropecuario sobre la economía uruguaya?*" Informe técnico. Carta Acuerdo Red Mercosur-FAO, Julio de 2009

Capítulo 5

ALDUNCE, P.; P. DEBELS, 2008. "Diseño y Descripción del Índice de Prácticas de Adaptación". En: *Hacia la Evaluación de Prácticas de Adaptación ante la Variablilidad y el Cambio Climático*. Núcleo de Meio Ambiente. Universidad Federal do Pará. NUMA/UFPA, Belém, PA

ALDUNCE, P., C. NERI; P. DEBELS, 2008. *Aplicación del IUPA en la Evaluación de dos Casos de Estudio en América Latina. En: Hacia la Evaluación de Prácticas de Adaptación ante la Variabilidad y el Cambio Climático.* Núcleo de Meio Ambiente. Universidad Federal do Pará. NUMA/UFPA, Belém, PA.

ARBOLEYA, I.; J. BERVEJILLO; G. OLIVERA, 2010. Apoyo al Proceso de Definición de Lineamientos Estratégicos del MGAP y la Institucionalidad Pública Agropecuaria: La Experiencia Reciente y los Desafíos Emergentes. Informe final de consultoría. MGAP/CCU, Montevideo, Uruguay.

BANCO MUNDIAL, 2011. *Documento de Evaluación del Proyecto de Manejo Sostenible de los Recursos Naturales y de Adaptación al Cambio Climático*. Setiembre de 2011. Banco Mundial/ MGAP. Montevideo, Uruguay.

CARRIQUIRY, E., 2009. *Impacto de la suplementación con grano húmedo de sorgo en la empresa ganadera*. INIA, Uruguay.

DIEGUEZ, F., 2012. "Modelización de una Explotación Ganadera Extensiva criadora en basalto". *Agrociencia Uruguay* 16(2): 120-130.

DURÁN FERNANDEZ, V., 2010. "Lineamientos estratégicos de las políticas públicas para el sector agropecuario". En: *Anuario OPYPA* 2010. MGAP-OPYPA, Montevideo, Uruguay.

EQUIPOS MORI, 2011. *Estudio de Percepción sobre el Cambio Climático y las opciones de adaptación*. Equipos Mori, Montevideo, Uruguay.

FING, 2012. Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería, UDELAR. FING-IMFIA.

FAILDE, A.; C. PEIXOTO; E. ESTOL, 2013. *Estudio sobre Riego Agropecuario en Uruguay.* FAO-Red Mercosur de Investigadores.

GIORELO, D., 2012. Riego en Pasturas. Presentación de Programa Nacional de Pasturas y Forrajes. INIA. Salto, Uruguay.

GIUDICE, G.; J. ARTAGAVEITIA; G. BATTEGAZZORE; A. FERREIRA,; P. CHILIBROSTE, 2012. *Rol del riego en Sistemas Pastoriles de Producción de Leche. Impacto bio – económico de regar pasturas, cultivos o ambos*. Universidad de la República - Facultad de Agronomía, Instituto Nacional de la Leche – Uruguay, y Asesores privados. Montevideo, noviembre de 2012.

GIMÉNEZ, L., 2012. *¿Cuánto estamos perdiendo por no regar en Uruguay?* Segundo Seminario Internacional de Riego en Cultivos y Pasturas, Salto, Uruguay.

GIUDICE, G. y A. TAMBLER. 2011. ILC-CIRAD-CISEPA-CCU. *La competencia por la tierra de los productores familiares lecheros del Uruguay y sus estrategias para enfrentarla*. International LandCoalition. Roma. Italia.

MGAP, 2013. Dirección de Estadísticas Agropecuarias. Presentación Preliminar de los Datos del Censo General Agropecuario 2011. MGAP-DIEA, Montevideo, Uruguay.

MGAP, 2013. División Contralor de Semovientes. Datos Generales de la Declaración Jurada ante DICOSE 2012. MGAP-DICOSE, Montevideo, Uruguay.

MGAP, 2012. *Programa Ganadero. Una experiencia de desarrollo rural.* Dirección Nacional de Desarrollo Rural – Banco Interamericano de Desarrollo. MGAP-BID, Montevideo, Uruguay.

MGAP, 2012. Las prioridades de políticas públicas para el MGAP en el 2012. Oficina de Prensa MGAP, Montevideo, Uruguay.

MGAP, 2010. *El Cambio Climático ¿qué es?* En: MGAP 75 años. MGAP, Montevideo, Uruguay, 2010.

MGAP-FAO, 2013. "Variabilidad climática de importancia para el sector productivo". Volumen I de: *Clima de cambios: nuevos desafíos de adaptación en Uruguay.* Autores: Bidegain, Mario; Crisci, Carolina; del Puerto, Laura; Inda, Hugo; Mazzeo, Néstor; Taks, Javier; y, Terra, Rafael. Coordinadores: Néstor Mazzeo y Hugo Inda. Resultado del Proyecto FAO TCP URU 3302, Montevideo.

MGAP-FAO, 2013. "La percepción de los productores y técnicos agropecuarios". Volumen II de *Clima de cambios: nuevos desafíos de adaptación en Uruguay.* Autor: Equipos Mori. Resultado del proyecto FAO TCP URU 3302, Montevideo.

MGAP-FAO, 2013. "Sensibilidad y capacidad adaptativa de la ganadería frente al cambio climático". Volumen III de *Clima de cambios: nuevos desafíos de adaptación en Uruguay*. Autores: Bartaburu, Danilo; Morales, Hermes; Dieguez, Francisco; Lizarralde, Carolina; Quiñones, Amparo; Pereira, Marcelo; Molina, Carlos; Montes, Esteban; Modernel, Pablo; Taks, Javier; De Torres, Fernanda; Cobas, Paula; Mondelli, Mario; Terra, Rafael; Cruz, Gabriela; Astigarraga, Laura; Picasso, Valentin. Resultado del Proyecto FAO TCP URU 3302, Montevideo.

OYHANTÇABAL, W., 2012. *Adaptación al cambio climático de la ganadería familiar*. Proyecto con el Fondo de Adaptación. En: Anuario OPYPA 2012. MGAP-OPYPA, Montevideo, Uruguay.

PANTALLA URUGUAY, 2013. Estadísticas de precios promedio de remates por pantalla de ganado en pie. Montevideo, Uruguay.

PAOLINO, C., M. METHOL, D. QUINTANS, 2010. "Estimación del impacto de una eventual sequía en la ganadería nacional y bases para el diseño de políticas de seguros". En: *Anuario* OPY-

PA 2010. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca – Oficina de Programación y Política Agropecuaria. MGAP-OPYPA, Montevideo, Uruguay.

ACOSTA, P; V. PASTORINI, 2011. *Un ejemplo del abordaje de puntos críticos de la ganadería como actividad de desarrollo desde el MGAP*. IX CongresoInternacional de Pastizales. Rosario. Argentina.

PASTORINI V; ACOSTA P; LIGRONE A; POLLA C; TAMMOSIUNAS M; GRAVINA V; MOLINA C., 2011. *Estudio de los factores que explican la adopción de tecnologías que apuntan a la inclusión del rubro forestal en predios ganaderos.* Programa Ganadero, Dirección General Forestal- Ministerio Ganadería Agricultura y Pesca, Facultad de Agronomía –Universidad de la República

PINHEIRO MACHADO LC., 2009. *Pastoreo racional Voisin Tecnología Agroecológica para el Tercer Milenio*. Editorial Hemisferio Sur, 2 ed. Argentina: 278 p

PIÑEYRO, M. Editor, 2009. *La institucionalidad agropecuaria en América Latina: estado actual y nuevos desafíos.* FAO – Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago. Chile

QUINTANS, G., 2006. *Recría Vacuna: Preparándose para el invierno*. Revista INIA (6) pp.: 2-5

QUINTANS, G., 2012. *El rol del campo natural y las herramientas tecnológicas disponibles en la cría*. En Ciclo de Jornadas Agro en Foco. Foco Ganadería. IICA/INIA, Tacuarembó, Uruguay.

ROVIRA, P., J.VELAZCO, 2007. "Sombra: Buena para el ganado, mejor para el productor. Engorde de novillos durante el verano". *Revista INIA* (13) pp. : 2-5

ROVIRA, P., 2010. *Evaluación económica de ensilaje de sorgo de grano húmedo*. Jornada de Divulgación de Ensilaje de Grano Húmedo de Sorgo INIA Treinta y Tres.

SIMEONE A., V.BERETTAYC, J.CAORSI, 2010. "¿Es importante la sombra que le proporcionan los montes de la forestación para la performance del ganado de carne en el verano?" P 27-38 En: *La Forestación y La Ganadería en el Uruguay.* Editor Forestal Oriental. Paysandú, Uruguay.

SOCA, P., 2012. *La investigación en campo natural de la Facultad de Agronomía durante el período 1992-2012: Aportes para la mejora de competitividad y sostenibilidad de la ganadería en Uruguay*. Facultad de Agronomía. UDELAR. Presentación en Mesa de Campo Natural. 2012. Montevideo, Uruguay.

TAMOSIUNAS, M., 2012. *La Forestación para sombra en predios ganaderos familiares. Factores que inciden en la decisión de incluir árboles.* Séptimo Congreso de Medio Ambiente. Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Argentina. Mayo 2012.

El cambio climático es uno de los factores que condiciona la estabilidad de los agro-ecosistemas y compromete el medio ambiente, la sociedad, la economía y la cultura de una región.

La adaptación al cambio climático ha sido definida como estratégica en la política agropecuaria de Uruguay. El diseño de políticas eficaces para la adaptación requiere conocer en profundidad los distintos aspectos que determinan la vulnerabilidad climática de los sistemas: exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa.

Esta publicación es resultado del proyecto sobre Nuevas Políticas para la Adaptación de la Agricultura al Cambio Climático, realizado en el marco de cooperación técnica entre la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca de Uruguay.

El equipo de investigadores que trabajó en el proyecto busca profundizar y dar respuesta, entra otras cuestiones, a: ¿Cambió el clima en el país?, ¿Son más frecuentes los eventos climáticos extremos como sequías o inundaciones?, ¿Cuál es la percepción de los técnicos y los productores sobre el cambio climático?, ¿A qué hay que adaptarse?, o ¿Cómo podría evolucionar el clima en el futuro?

Este libro es el compilado de una serie de siete títulos, sus originales están disponibles en versión digital, que integran el estudio multidisciplinario e interinstitucional sobre el cambio climático en el país. A partir de esta investigación se han elaborado nuevas hipótesis de trabajo referidas a los aspectos de sensibilidad de los agro-ecosistemas, acerca de cómo la vulnerabilidad puede aumentar —incluso a igual variabilidad climática— si los sistemas se intensifican en una dirección no sostenible y qué incrementa el riesgo climático.

MINISTERIO DE GANADERÍA
AGRICULTURA Y PESCA
REPÚBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY