

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
Elaborado por el Centro Interdisciplinario de Respuesta al Cambio y Variabilidad Climática, Universidad de la República



Volumen IV

Sensibilidad y capacidad adaptativa de
la lechería frente al cambio climático



Clima de cambios

NUEVOS DESAFÍOS DE ADAPTACIÓN EN URUGUAY

Volumen IV

Sensibilidad y capacidad adaptativa de
la lechería frente al cambio climático

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

Elaborado por: Centro Interdisciplinario de Respuesta al Cambio
y Variabilidad Climática, Universidad de la República



Esta publicación se debe citar como:

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

El documento estará disponible en:

<http://www.fao.org/climatechange/84982/es>



Corrección de estilo: Malvina Galván
Diseño: Esteban Grille

Contenido

Equipo del proyecto	4
1. Introducción.....	5
2. Marco conceptual.....	7
3. La lechería frente a la variabilidad y el cambio climático	9
3.1. Situación actual y evolución reciente	9
3.2. Industria y comercialización	12
3.3. Caracterización y evaluación de las amenazas climáticas para la lechería	13
3.4. Estudio de la sensibilidad a la variabilidad climática de la producción lechera	15
3.5. Factores principales que determinan la sensibilidad de los sistemas de producción de leche a la sequía.....	22
3.6. Análisis de la capacidad adaptativa de los sistemas de producción de leche.....	24
3.7. Opciones priorizadas para reducir la sensibilidad y aumentar la capacidad adaptativa.....	26
4. Análisis macroeconómico	29
4.1. La importancia del sector agropecuario en la economía nacional	30
4.2. Metodología de evaluación de impacto económico	31
4.3. Evaluación del efecto del cambio climático sobre el sector lechería.....	33
5. Conclusiones y recomendaciones.....	37
6. Bibliografía	39

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

Introducción

1

Clima de cambio: sensibilidad y capacidad adaptativa de la lechería frente a los efectos del cambio y la variabilidad climática; es la cuarta entrega de la serie de estudios que se realizaron en el marco del proyecto: Nuevas Políticas de adaptación de la agricultura al Cambio Climático (TCP-URU-3302), de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por su sigla en inglés) y del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de Uruguay (MGAP).

El estudio, coordinado por el Centro Interdisciplinario en Respuesta al Cambio y 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).

El cambio climático y la variabilidad se estudian en función de tres variables: exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa. El estudio sobre la exposición, que se realizó en la primera fase del proyecto, relativizó la hipótesis planteada con anterioridad: existe un aumento de la variabilidad climática, con mayores frecuencias e intensidades de eventos extremos como por ejemplo la sequía. En un contexto de cambio climático, donde no se verificó un incremento de frecuencia o intensidad de sequías, se trabajó sobre una segunda premisa: los agroecosistemas productivos se están haciendo más sensibles a la variabilidad climática, por razones tecnológicas, económicas, o sociales.



Marco conceptual

2

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por su sigla en inglés) define vulnerabilidad como el grado en el que un sistema es susceptible de o incapaz de soportar efectos adversos del cambio climático, incluidos la variabilidad y los extremos climáticos (McCarthy et al., 2001). La utilidad mayor de conocer la vulnerabilidad de un sistema consiste en establecer su vínculo con la estimación de riesgos.

Vulnerabilidad = f (Exposición, Sensibilidad, Capacidad Adaptativa)

La exposición es la naturaleza y grado en que un sistema experimenta estrés ambiental o socio-político. Las características de éstos incluyen la magnitud, frecuencia, duración y extensión superficial del riesgo (Burton et al., 1993). La sensibilidad es el grado en el que un sistema se modifica o afecta por perturbaciones. En tanto la capacidad adaptativa es la habilidad de un sistema de evolucionar para responder a riesgos ambientales o cambios en políticas, y de expandir el rango de variabilidad que puede soportar.

Por otra parte, algunos autores proponen que la resiliencia es el opuesto a vulnerabilidad (Darnhofer et al. 2008). La resiliencia, definida originalmente por Holling (1973), es una medida de la persistencia de un sistema (ecológico) y su habilidad de absorber cambios e impactos para lograr mantener en iguales términos las relaciones entre sus componentes.

A pesar que la comunidad científica internacional no ha resuelto las equivalencias conceptuales entre los abordajes sobre vulnerabilidad, riesgo y resiliencia, para este estudio, se consideró que los conceptos de resiliencia y capacidad adaptativa se distinguen en que la

capacidad adaptativa implica necesariamente la acción humana, mientras que la resiliencia puede manifestarse en términos biofísicos solamente (sin intervención humana).

Por último, para este trabajo se utiliza una definición laxa del concepto de agroecosistema, y se usa en forma relativamente intercambiable con el de rubro o sistema de producción. Los agroecosistemas se entienden como ecosistemas con un objetivo de producción agropecuaria, y en ese sentido, pueden incluir diversidad de producciones, cultivos o animales, es decir, múltiples rubros. El equipo de investigación discutió largamente las ventajas y desventajas de integrar predios con diferentes rubros en el análisis, alimentado por la hipótesis de que la diversificación de rubros puede ser una alternativa para manejar el riesgo y la variabilidad climática. Sin embargo, se optó finalmente en aras de simplificar el trabajo, en concentrarse en agroecosistemas con un rubro de producción principal.

3

La lechería frente a la variabilidad y el cambio climático

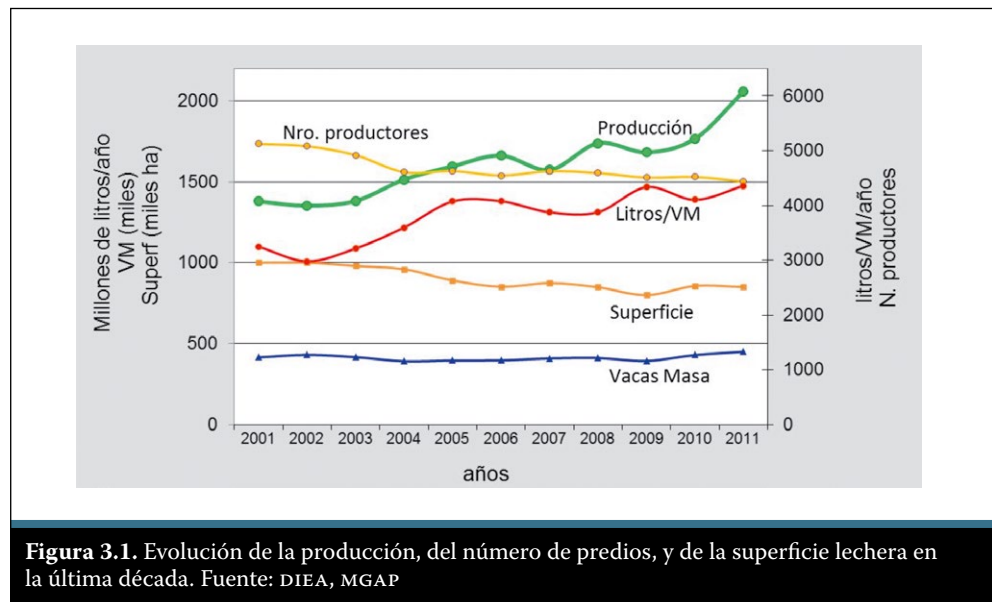
3.1. SITUACIÓN ACTUAL Y EVOLUCIÓN RECIENTE

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, afianza 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).

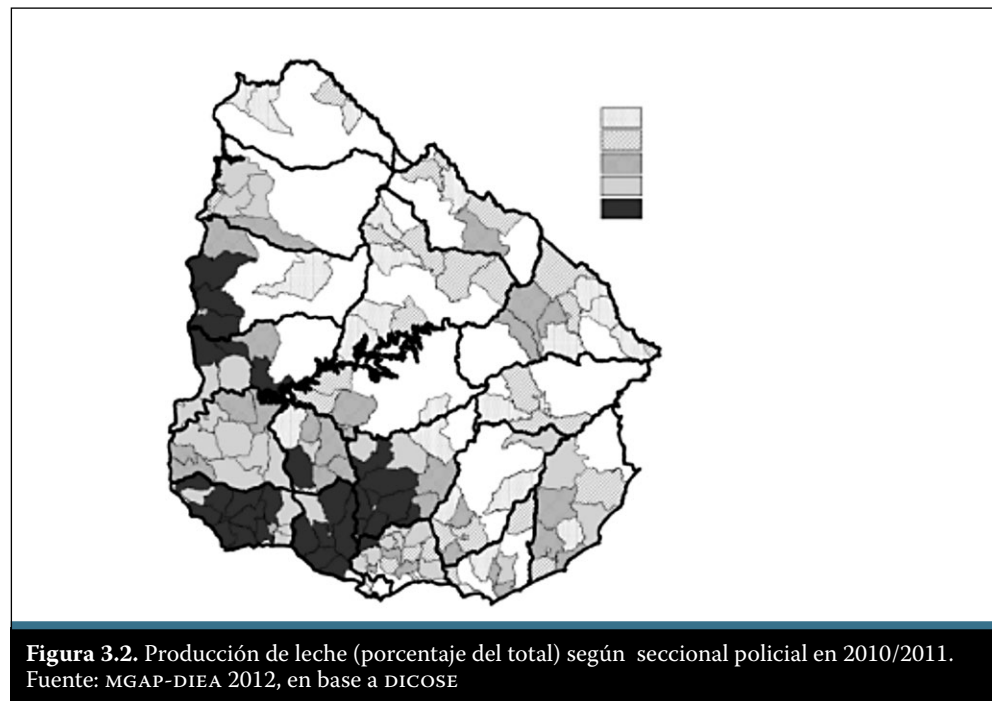
La producción de leche en la fase primaria del complejo, ha aumentado explicada por una mayor intensificación de la producción en una superficie total de tierras para lechería que pasó de un millón de hectáreas en 2001 a 850 mil hectáreas en 2011 (DIEA, 2012). Esto se asocia a una disminución en el número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

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).



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 un 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 3.1. Características del sector que declara lechería comercial

Año	N° productores	Sup. (mil ha)	Tamaño promedio		Indicadores productividad		
			Vaca Ordeñe	ha	por VO (lts/día)	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 3.1). 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 ordeño sobre vacas totales, una medida de la eficiencia en el manejo del rodeo lechero, se incrementó un 7%.

Tabla 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 Ordeño/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.

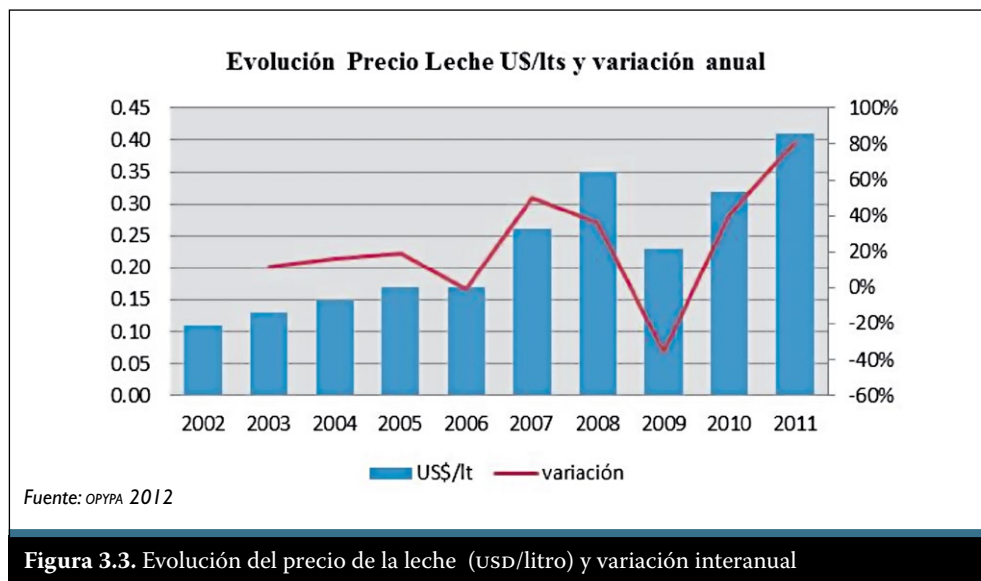


Figura 3.3. Evolución del precio de la leche (USD/litro) y variación interanual

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. 3.4).

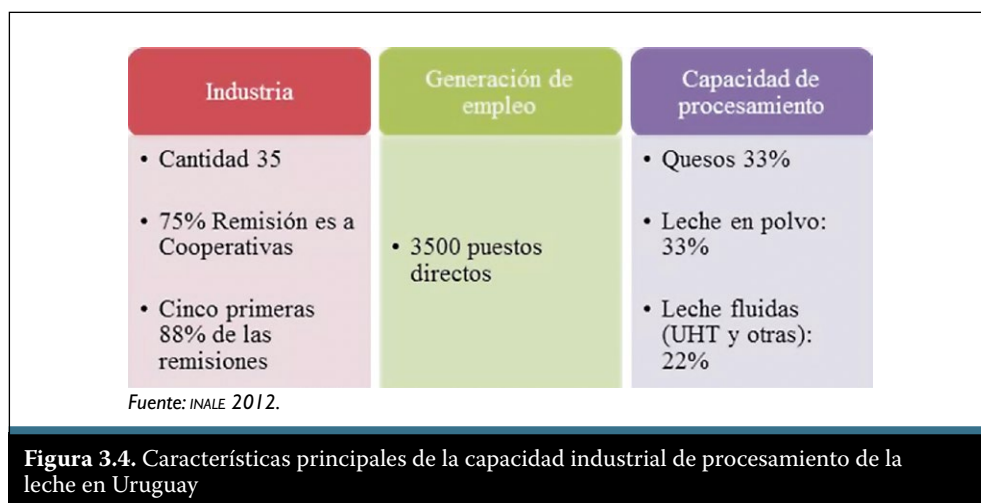


Figura 3.4. Características principales de la capacidad industrial de procesamiento de la leche en Uruguay

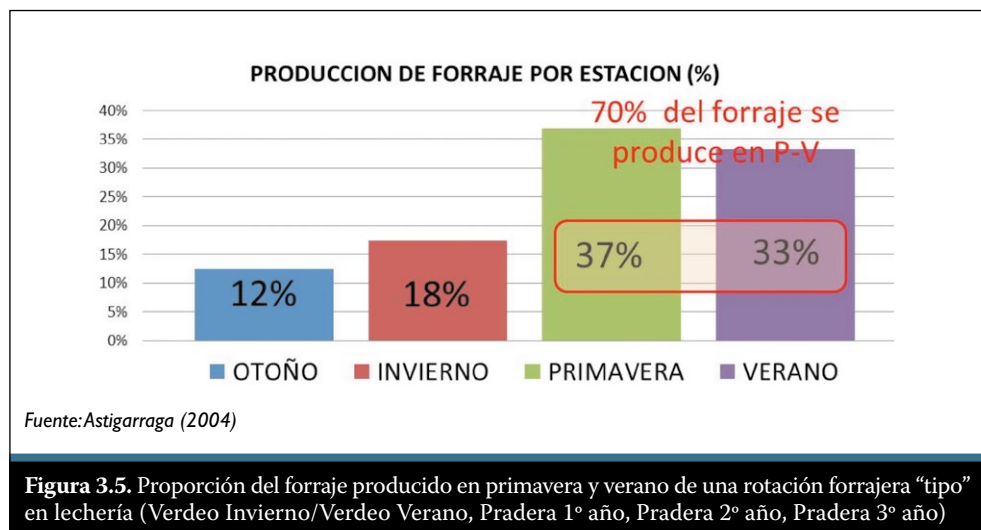
Mientras que la remisión a planta ha crecido a tasas del 4% acumulativo anual durante los últimos 20 años, la capacidad industrial lo ha hecho a tasas levemente mayores. Uruguay exporta aproximadamente el 68 % de la leche remitida a planta y solo el 32% se destina al mercado interno.

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).



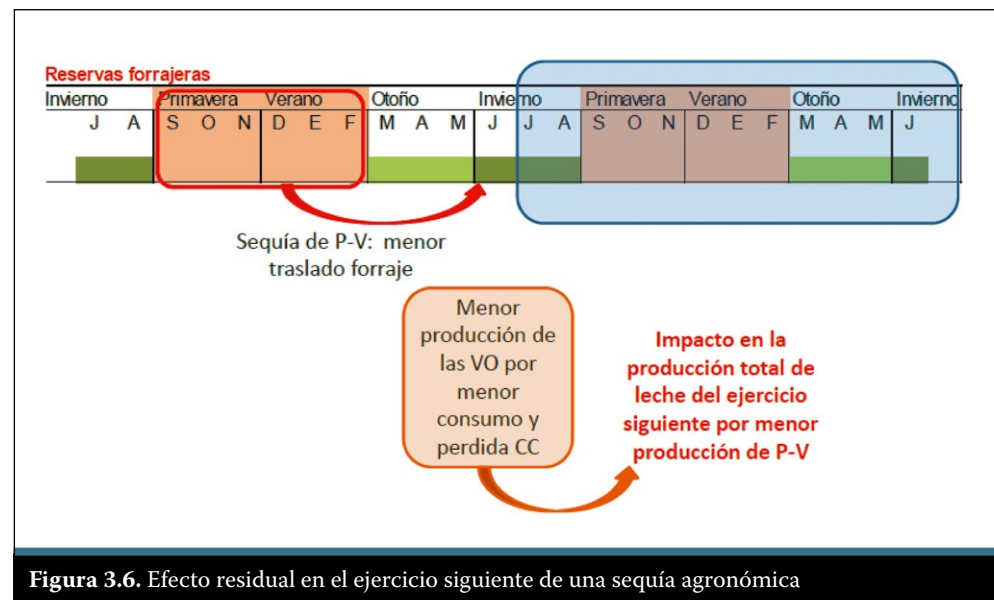
En los meses de primavera es cuando se registra la máxima producción y calidad del forraje. En este momento del año, la pastura pasa a ser parte importante de la dieta y a su vez se realizan las reservas forrajeras (fardos y silopack). En la primavera es también cuando se realizan las siembras de sorgos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



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.3.6). 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.

3.4. 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 el área suroeste del país (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.

$$\text{Lluvia} + \text{Riego} = \text{ET} + \text{Var. Alm.} + \text{Ecurr.} + \text{Drenaje}$$

Donde:

ET: evapotranspiración; Var. Alm.: variación del almacenaje en el suelo; Ecurr.: 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 $\text{ET} < \text{ETP}$ y la magnitud corresponderá a la diferencia entre ambas variables ($\text{ETP} - \text{ET}$).

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:

$\text{ETR/ETP} = 1$ Mes Húmedo (la disponibilidad de agua no es limitante para las pasturas).

ETR/ETP entre $1 - 0.7$ Mes Normal

$\text{ETR/ETP} < 0.7$ 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 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. 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	2003/2004	2003	7	1.0	2007/2008	2007	7	0.95
	1999	8	1.0		2003	8	0.99		2007	8	1.0
	1999	9	0.96		2003	9	1.0		2007	9	1.0
	1999	10	0.57		2003	10	0.89		2007	10	1.0
	1999	11	0.33		2003	11	1.0		2007	11	0.72
	1999	12	0.67		2003	12	0.84		2007	12	0.32
	2000	1	0.28		2004	1	1.0		2008	1	0.56
	2000	2	0.33		2004	2	0.66		2008	2	0.87
	2000	3	0.76		2004	3	0.45		2008	3	0.94
	2000	4	1.0		2004	4	1.0		2008	4	0.29
	2000	5	1.0		2004	5	1.0		2008	5	1.0
	2000	6	1.0		2004	6	1.0		2008	6	1.0
2000/2001	2000	7	1.0	2004/2005	2004	7	1.0	2008/2009	2008	7	1.0
	2000	8	1.0		2004	8	1.0		2008	8	0.65
	2000	9	1.0		2004	9	0.96		2008	9	0.50
	2000	10	1.0		2004	10	0.93		2008	10	0.69
	2000	11	0.96		2004	11	0.76		2008	11	0.35
	2000	12	0.85		2004	12	0.53		2008	12	0.28
	2001	1	0.94		2005	1	0.98		2009	1	0.15
	2001	2	0.73		2005	2	0.29		2009	2	1.0
	2001	3	1.0		2005	3	0.92		2009	3	0.98
	2001	4	0.96		2005	4	1.0		2009	4	0.71
	2001	5	1.0		2005	5	0.99		2009	5	0.37
	2001	6	1.0		2005	6	1.0		2009	6	1.0
2001/2002	2001	7	1.0	2005/2006	2005	7	1.0	2009/2010	2009	7	1.0
	2001	8	1.0		2005	8	1.0		2009	8	1.0
	2001	9	0.94		2005	9	0.98		2009	9	1.0
	2001	10	1.0		2005	10	0.80		2009	10	1.0
	2001	11	1.0		2005	11	0.63		2009	11	1.0
	2001	12	0.61		2005	12	0.32		2009	12	0.91
	2002	1	0.65		2006	1	1.0		2010	1	0.72
	2002	2	0.55		2006	2	0.88		2010	2	1.0
	2002	3	1.0		2006	3	1.0		2010	3	0.90
	2002	4	1.0		2006	4	0.94		2010	4	1.0
	2002	5	1.0		2006	5	0.77		2010	5	1.0
	2002	6	1.0		2006	6	1.0		2010	6	1.0
2002/2003	2002	7	1.0	2006/2007	2006	7	1.0	2010/2011	2010	7	1.0
	2002	8	1.0		2006	8	0.99		2010	8	0.91
	2002	9	1.0		2006	9	0.80		2010	9	1.0
	2002	10	0.92		2006	10	1.0		2010	10	0.81
	2002	11	1.0		2006	11	0.64		2010	11	0.46
	2002	12	1.0		2006	12	0.97		2010	12	0.25
	2003	1	0.76		2007	1	0.43		2011	1	0.67
	2003	2	1.0		2007	2	1.0		2011	2	0.19
	2003	3	1.0		2007	3	1.0		2011	3	0.54
	2003	4	0.94		2007	4	1.0		2011	4	1.00
	2003	5	1.0		2007	5	1.0		2011	5	1.00
	2003	6	1.0		2007	6	1.0		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 3.4).

Tabla 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 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.

Tabla 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

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

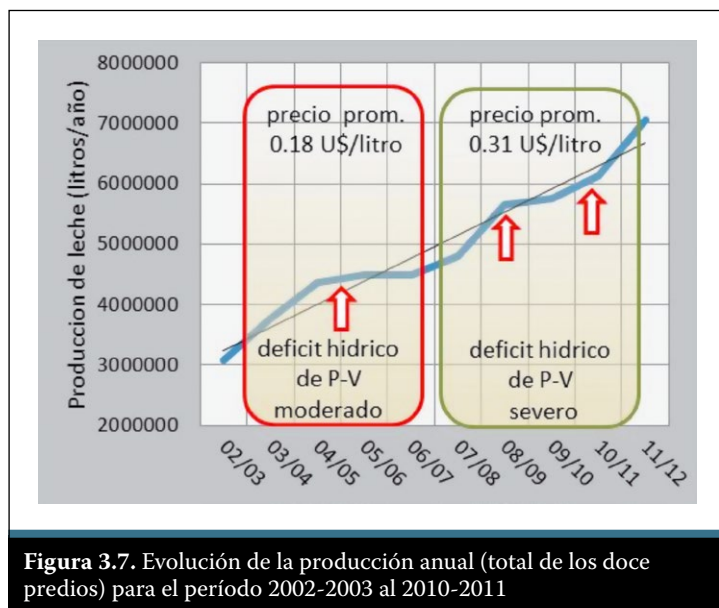


Figura 3.7. Evolución de la producción anual (total de los doce predios) para el período 2002-2003 al 2010-2011

últimos diez años (2002-2011). Las variables que se tuvieron en cuenta en el estudio se presentan a continuación en el Tabla 3.5.

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 3.7 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.

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 3.8 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.

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.

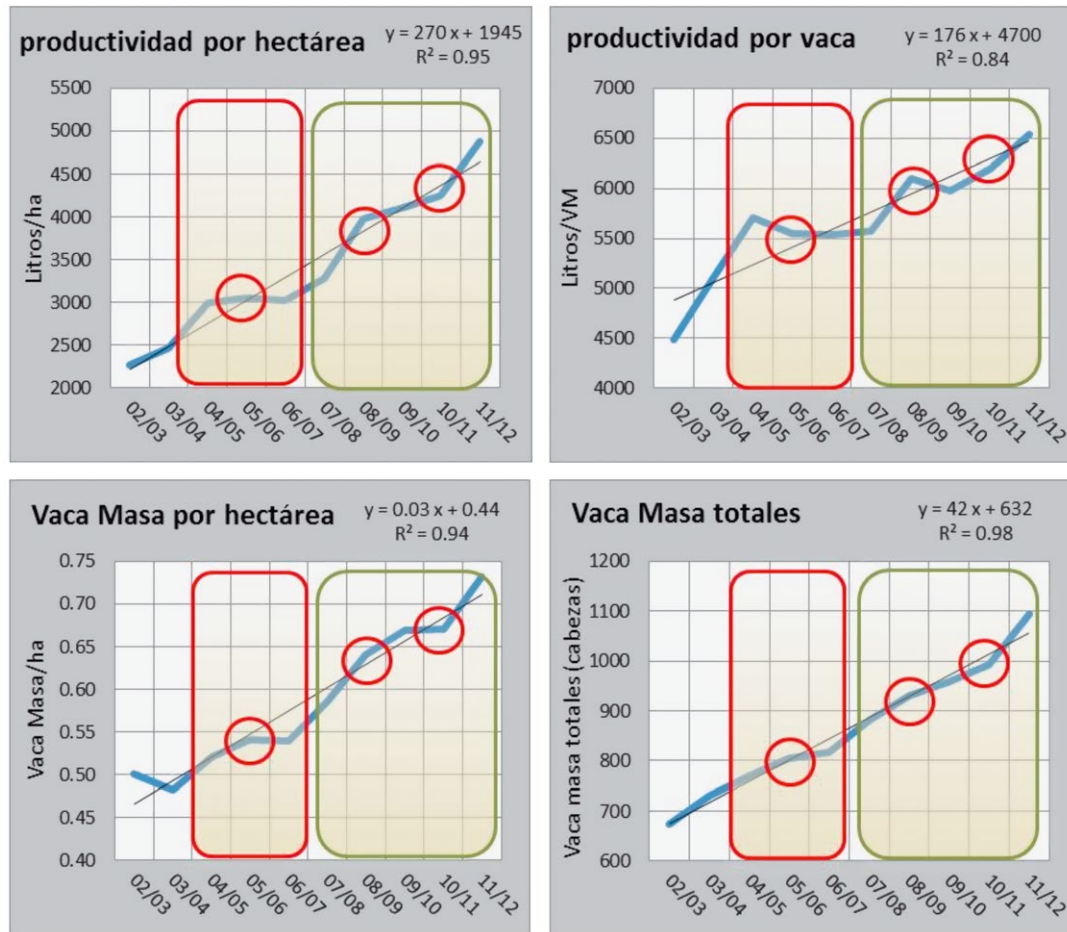


Figura 3.8. Evolución de la productividad por unidad de superficie y por vaca masa, y la evolución de la carga y del total de vacas de los doce predios analizados

Sin embargo, 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 periodo 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.

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.3.9).

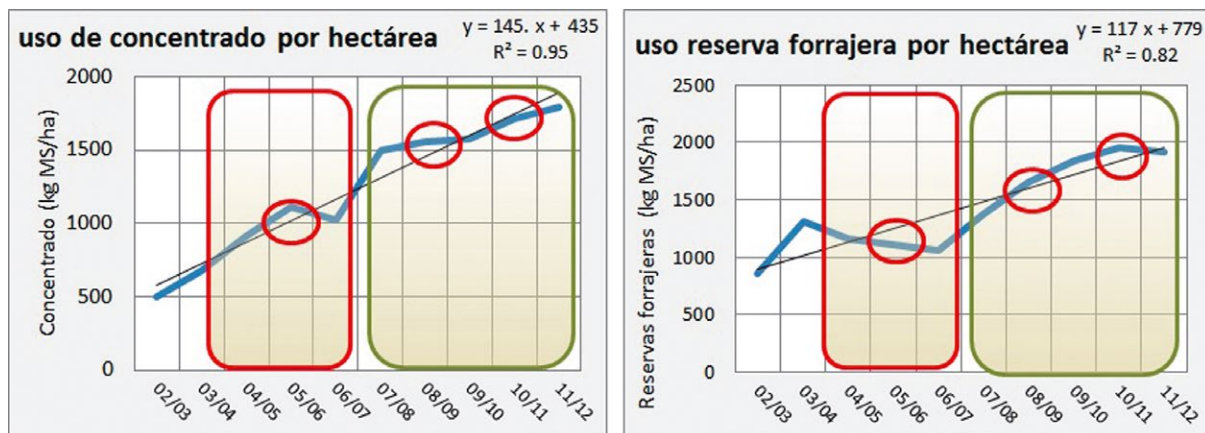


Figura 3.9. Evolución en el uso de concentrado y de reservas forrajeras para el conjunto de los doce predios analizados

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, re-

servas forrajeras y pasturas) expresado por unidad de superficie.

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.3.10). 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.

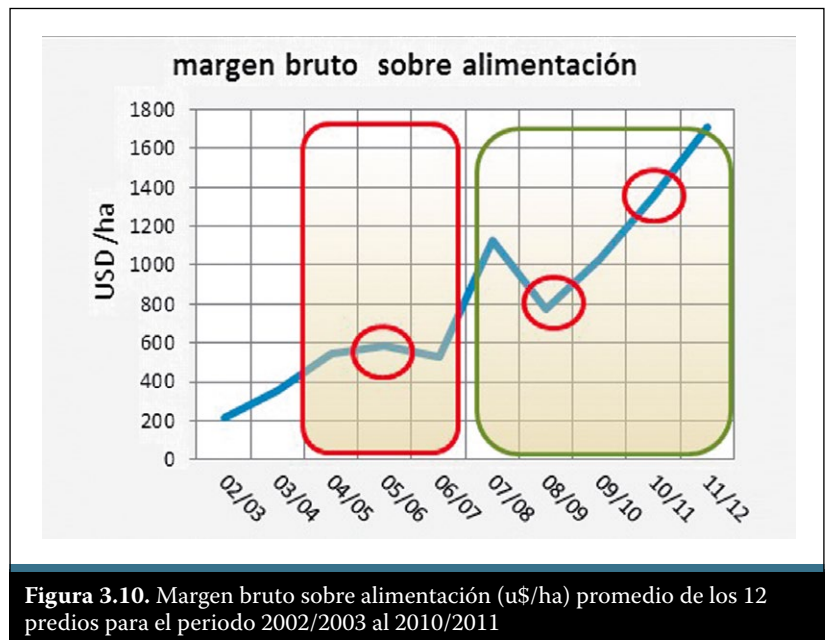


Figura 3.10. Margen bruto sobre alimentación (u\$/ha) promedio de los 12 predios para el periodo 2002/2003 al 2010/2011

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:

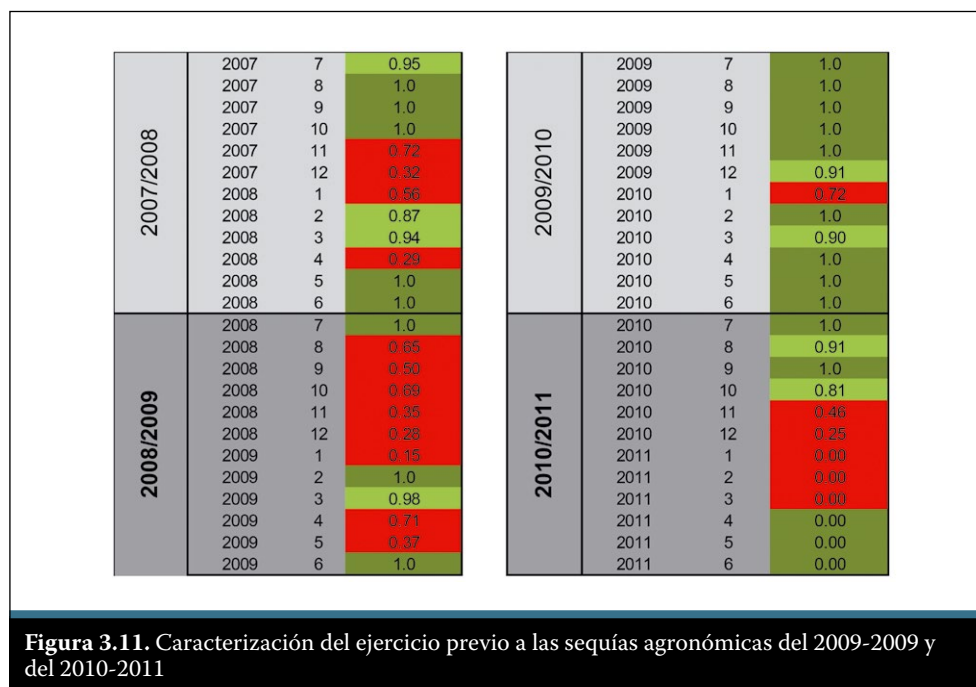


Figura 3.11. Caracterización del ejercicio previo a las sequías agronómicas del 2009-2009 y del 2010-2011

En la Figura 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.

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.

3.5. 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

Tabla 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

durante un déficit hídrico no prolongado y además agravan el problema del “hueco” de otoño como se presenta en la Tabla 3.6.

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 verdes 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.

		Anualización de pasturas		Carga (VM/ha)		Tipo suelo	
		Alto	Bajo	Alta	Baja	Superficial	Profundo
Anualización de pasturas	A			A	M	A	M
	B			M	B	M	B
Carga (VM/ha)	A	A	M			A	M
	B	M	B			M	B
Tipo suelo	S	A	M	A	M		
	P	M	B	M	B		

A	Alta sensibilidad
M	Media sensibilidad
B	Baja sensibilidad

Figura 3.12. Matriz de sensibilidad a la sequía de los sistemas de producción de leche

A continuación se presenta una matriz de sensibilidad a la sequía en donde se visualiza el impacto de la anualización de las pasturas, la carga animal y el tipo de suelo.

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.

3.6. 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

Tabla 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 3.8. 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\$

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).

Esta simulación permite ver la envergadura de las pérdidas 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 tomamos en cuenta que 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

		Factores externos al establecimiento			
		año seco precedido por otro año seco			
		no		si	
		Relación Insumo/Producto		Relación Insumo/Producto	
		baja	alta	baja	alta
Base forrajera "perenne"	no	Posible pérdida de praderas de primer año que se puede recomponer al año siguiente (aumento costos)	Dificultad para recomponer base forrajera por posible pérdida de pasturas (aumento costos e inestabilidad del sistema)	Pérdida importante de pasturas que debe recomponerse en años sucesivos	Pérdida de pastura, impacto en producción y dificultad para alimentar a los animales
	si	No se produce pérdida de praderas, baja algo la producción pero se recupera rápidamente luego de la sequía	No se produce pérdida de praderas, baja algo la producción pero se recupera rápidamente luego de la sequía	No hay pérdida de praderas pero difícil recomponer el stock de reservas forrajeras (efecto en producción)	No hay pérdida de praderas pero difícil recomponer el stock de reservas forrajeras (efecto en producción)
Disponibilidad reservas forrajeras excedentarias	no	Se puede recurrir a compra de concentrado fuera del predio, y no afectar la producción (hay efecto en el resultado económico por sobrecosto)	Es más difícil recurrir a comprar de concentrado fuera del predio, disminuye la producción y el resultado económico	Se puede recurrir a la compra de concentrado fuera del predio, pero hay disminución en producción o un incremento muy importante en los costos para paliar déficit de forraje	Difícil comprar concentrado fuera del predio por alta relación I/P, hay efecto en disminución de la producción y una pérdida importante en resultado económico
	si	No hay efecto en producción ni en resultado económico	No hay efecto en la producción ni en el resultado económico (pero mayor dificultad para recomponer stock forrajero por relación alta relación I/P)	No hay reservas forrajeras excedentarias, solo se puede recurrir a compra de alimento extra-predio	No hay reservas forrajeras excedentarias, y es difícil poder comprar concentrado por alta relación I/P
Capacidad financiera	no	Se puede recurrir a la compra de concentrado pero hay deterioro en resultado económico	Pérdida de producción e impacto en resultado económico si no se dispone de reservas forrajeras del año anterior	Pérdida de pasturas y falta de reservas forrajeras, puede llevar a endeudamiento para la compra de concentrado	Es el peor escenario, requiere medidas excepcionales para paliar pérdidas
	si	No se prevén consecuencias serias sobre la producción ni sobre el resultado económico (requerirá recomponer capacidad financiera a futuro)	Se debe recurrir a la compra de alimento extrapredio utilizando la reserva financiera disponible pero además habrá un posible impacto en la producción	Efecto en la base forrajera y en la producción que puede ser paliado en parte por la compra de alimento extrapredio	Requiere medidas excepcionales, pero seguramente no se afecte el "aparato productivo" (sin necesidad de venta de animales)

Figura 3.13. Matriz de capacidad adaptativa de los sistemas de producción de leche

líneas de crédito ventajosas a las cuales se pueda recurrir rápidamente en caso de requerirse por un evento extremo de estas características.

En función del análisis previo, se presenta una matriz de medidas de adaptación a la sequía de los sistemas de producción de leche y el impacto esperado.

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 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) contri-

buyen 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 puede 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.



4

Análisis macroeconómico

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 pro-

ductivos. 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, construidos a partir de una Matriz de Contabilidad Social (MCS) (Terra et al., 2009). El análisis de multiplicadores permite captar la dinámica del impacto de un cambio exógeno, sobre la economía en su conjunto. En particular, la utilización de esta metodología resulta adecuada para examinar los efectos potenciales de shocks externos o de una política específica, sobre la producción, el ingreso y su distribución entre los hogares, la estructura de gasto de las instituciones y el empleo, entre otros.

4.1. 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 6415 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%, 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

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)*

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.

La importancia del sector agropecuario en la economía nacional se vincula al hecho de que se trata de un sector con fuerte encadenamiento 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).

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.

4.2. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO ECONÓMICO

4.2.1. 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. Para lograr una medición confiable resulta fundamental poder construir el escenario base y el escenario alternativo de modo de aislar el efecto del impacto deseado. Esto implicaría contar con escenarios generados mediante experimentos controlados, lo cual no resulta posible. La cantidad, frecuencia y calidad de la información estadística disponible, limitan las técnicas de evaluación de impacto posibles 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, mediante la demanda y oferta que cada cuenta incluida en la matriz realiza sobre otra cuenta. Esta medida sólo recoge la relación de producción y distribución entre ramas 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 se 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).

4.2.2. Ventajas y limitaciones de metodologías basadas en MCS

La principal ventaja de la metodológica radica en su simplicidad, al estar basada en datos estadísticos disponibles (si bien no siempre actualizados) requiriere de poca inversión en la generación de información. A su vez, pese a dicha simplicidad, permite realizar un análisis comprensivo al capturar efectos tanto 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.

Captar el efecto sobre el comportamiento de los agentes, requiere la utilización de modelos de equilibrio general. Sin embargo, es posible cuantificar los efectos parciales derivados de un shock económico. 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 como 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 un factor determinante que limita el alcance de la estimación.

4.2.3. Descripción de los datos y coeficientes utilizados

Se realiza una cuantificación del impacto económico de un shock climático sobre la producción lechera. Para la misma, se estimaron efectos cuantificables del cambio climático a nivel de producción. Para evaluar el impacto económico de estos efectos, se utilizan los multiplicadores lineales, construidos a partir de la MCS (Terra 2009). Esta matriz fue construida en base a la información de Oferta y Utilización de la economía, elaborada por el Banco Central del Uruguay (BCU), para el año de referencia 2005.

En base a la matriz transformada se construyeron los indicadores de difusión y de absorción total y sobre la producción agropecuaria e indicadores de generación de valor agregado. De acuerdo a las estimaciones realizadas en Terra et al. (2009), el sector agropecuario presenta un efecto de difusión total sobre la economía en su conjunto de 6,22; lo que implica que por cada dólar adicional de demanda que recibe exógenamente este sector, provoca un aumento de 6,2 dólares adicionales en la economía. Respecto al efecto absorción del sector agropecuario, ante incrementos de demanda en las ramas de actividad, el sector agropecuario absorbe 1,77 del crecimiento total de renta producido.

En lo que refiere a los efectos sobre la producción, se observa que el sector agropecuario presenta efectos multiplicadores de 3,11; lo cual implica que por cada dólar adicional de demandada del sector agropecuario, se genera un efecto multiplicador en la producción total de la economía de 3,1 dólares. Adicionalmente, por cada unidad adicional demandada del sector agropecuario, se da un efecto sobre la remuneración de los factores de producción de 1,64 dólares, de las cuales 0,85 unidades se centralizan en el factor capital, en tanto 0,28 unidades corresponden a trabajo agropecuario y 0,5 a trabajo no agropecuario.

4.3. EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL SECTOR LECHERÍA

4.3.1. 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 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 las estrategias que el predio haya tomado previamente y durante la 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.

4.3.2. 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.

Tabla 4.2. Impacto económico de la sequía en la producción lechera

Sector Lechería	En millones de USD		En % de producción de 2011	
	Sequía Moderada	Sequía Severa	Sequía Moderada	Sequía Severa
	38,1	69,7	1,2%	2,3%

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.

4.3.3. 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 4.3. 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.



5

Conclusiones y recomendaciones

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.

te 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.

Bibliografía

6

ASTIGARRAGA L. 2004. *Desafíos técnicos de la intensificación*. En: Intensificación el Lechería: la alternativa rentable. FPTA 101, INIA-FUCREA, Facultad de Agronomía. Montevideo, Uruguay.

BURTON. R, S. PEOPLES. 2008. *Learning from past adaptations to extreme climatic events: a case study of drought*. Part A. Summary Report. AgResearch.

CEPAL (2010). *La economía del cambio climático en el Uruguay, Síntesis*. En: *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe*. CEPAL, Noviembre de 2010.

DARNHOFFER, I., S. BELLON, B. DEDIEU, R. MILESTAD (2008). Adaptive farming systems - A position paper. In: B. Dedieu and S. Sasser-Bedoya (eds.) Empowerment of the rural actors: A renewal of the farming systems perspective. Proceedings of the 8th European IFSA Symposium held July 2008 in Clermont Ferrand, pp. 339-351.

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).

GUNDERSON L.H., C.S. HOLLING (eds). 2002 *Panarchy. Understanding Transformations in Human and Natural Systems*. Island Press. USA.

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 del Plan Agropecuario, 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

MCCARTHY, J.J., CANZIANI O.F., LEARY N.A., DOKKEN D.J., WHITE K.S. 2001. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, UK. 1032pp. Disponible en: http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/

MGAP, 2005. *Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay*. Versión en CD. Montevideo, Uruguay.

RASMUSSEN, P. 1963. *Relaciones intersectoriales*. Editorial Aguilar, Madrid.

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>

TERRA, MA. INÉS, 2009. *¿Cuál es la importancia real del sector agropecuario sobre la economía uruguaya?* Informe técnico. Carta Acuerdo Red Mercosur-FAO, julio de 2009.

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-Uruguay-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>

