

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**ADAPTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE  
LECHE A LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA**

**por**

**María Laura CAORSI MOLINARI**

TESIS presentada como uno de  
los requisitos para obtener el título  
de *Magister* en Ciencias Agrarias  
Opción Ciencia Animal

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
DICIEMBRE 2015

Tesis aprobada por el tribunal integrado por Ing. Agr. (PhD) Alfredo Albín, Ing. Agr. (PhD) Hermes Morales, Ing. Agr. (PhD) Walter Baethgen, el 22 de diciembre de 2015. Autora: Ing. Agr. María Laura Caorsi. Directora Dra. Laura Astigarraga. Co-directora Ing. Agr. Msc. Gabriela Cruz.

## AGRADECIMIENTOS

A Laura Astigarraga, por sus enseñanzas, apoyo, paciencia y respeto durante este tiempo de trabajo compartido.

A Gabriela Cruz, por su colaboración, apoyo y enseñanzas sobre aspectos de clima que eran desconocidos para mí.

A Mario Fossatti por los aportes realizados durante este tiempo y por facilitar el vínculo con asesores y productores.

Al Centro Interdisciplinario de Respuesta al Cambio y Variabilidad Climática de la Universidad de la República, por el apoyo financiero y al equipo de trabajo interdisciplinario por las contribuciones realizadas en las instancias de intercambio.

A FUCREA por permitir utilizar la base de datos, la cual fue imprescindible para poder realizar este trabajo.

A los miembros de los tribunales de los Seminarios I y II por las sugerencias realizadas en ambas instancias.

A INUMET por contribuir con los datos meteorológicos.

A Rafael Terra por los aportes realizados en el análisis del clima.

A Álvaro Califra por brindar información de unidades cartográficas en la zona de estudio

A los productores que me recibieron en sus reuniones de grupo e hicieron aportes valiosos para este trabajo.

A los Asesores Crea: Silvia Bertón, Daniel Caravia, Patricio Rodiño y Maria José Bidegain por su buena disposición en todo momento.

Carolina Menkle por participar en las instancias de Seminario y por los comentarios realizados en dichas instancias.

A mis amigos colegas Amelia, José, Fabricio, Carolina, María José, Noelia y Yoana, por estar al firme durante todo este tiempo.

Finalmente un agradecimiento especial a mi familia, a mis hijos Felipe y Mateo que nacieron durante esta Tesis y han sido la inspiración para que la culmine y a Martín, por estar a mi lado y por impulsarme a seguir adelante más allá de todo.

## TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
TABLA DE CONTENIDO.....	IV
RESUMEN.....	VIII
SUMMARY .....	XII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
1.1 IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN LECHERA EN URUGUAY.....	2
1.2 IMPACTO DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA SOBRE EL SECTOR AGROPECUARIO.....	4
1.3 VULNERABILIDAD DE LOS SISTEMAS PASTORILES DE PRODUCCIÓN DE LECHE .....	7
1.3.1 <u>La Sequía como amenaza en los sistemas pastoriles de producción de leche</u> .....	8
1.3.2 <u>Sensibilidad a la sequía de los sistemas pastoriles</u> .....	10
1.3.3 <u>Adaptación y capacidad adaptativa a la sequía de los sistemas pastoriles de producción de leche</u> .....	13
1.3.4 <u>El aprendizaje como variable relevante de la capacidad adaptativa</u> .....	18
1.4 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS .....	22

1.4.1	<b><u>Hipótesis</u></b> .....	22
1.4.2	<b><u>Objetivo General</u></b> .....	22
2.	<b><u>MATERIALES Y MÉTODOS</u></b> .....	23
2.1	<b>ANÁLISIS AGROCLIMÁTICO</b> .....	23
2.1.1	<b><u>Variabilidad de las precipitaciones 1939 – 2011</u></b> .....	23
2.1.2	<b><u>Determinación de las deficiencias hídricas 1939-2011</u></b> .....	23
2.1.3	<b><u>Análisis estadístico de la base climática</u></b> .....	26
2.2	<b>ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS LECHEROS</b> .....	27
2.2.1	<b><u>Base de datos de los predios lecheros</u></b> .....	27
2.2.2	<b><u>Construcción de la variable para el análisis de la variación de la producción de leche</u></b> .....	28
2.2.3	<b><u>Análisis estadístico de la base de datos de los sistemas lecheros</u></b> .....	30
2.2.4	<b><u>Percepción y medidas de adaptación de los productores al déficit hídrico</u></b> .....	31
3.	<b><u>RESULTADOS</u></b> .....	33
3.1	<b>ANÁLISIS DE LAS PRECIPITACIONES</b> .....	33
3.1.1	<b><u>Variabilidad de las precipitaciones período 1939/40-2011/12</u></b> .....	33
3.2	<b>ANÁLISIS DE LAS DEFICIENCIAS HIDRICAS</b> .....	35

3.2.1	<u>Tendencias del déficit hídrico en primavera y verano para el período 1939/40-2011/12.....</u>	35
3.2.2	<u>Sequías agronómicas en los ejercicios comprendidos entre 1939/40 a 2011/12.....</u>	36
3.3	ANÁLISIS DE LAS SEQUÍAS AGRONOMICAS DEL PERIODO 1998/99- 2011/12.....	38
3.4	DESCRIPCION DE LA BASE DE DATOS DE LOS PREDIOS PARA EL PERIODO 1998/99 AL 2011/12.....	41
3.5	ANALISIS DE LA VARIACION DE LA PRODUCCION DE LECHE.. .....	43
3.6	ANALISIS CORRELACION ENTRE LAS PRINCIPALES VARIABLES Y LA PRODUCCION DE LECHE PARA EL EJERCICIO 2009/2010 .....	45
3.7	ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES DEL ...EJERCICIO 2009/2010 .....	47
3.8	ANALISIS DE CONGLOMERADOS (2009/2010) .....	49
3.9	EVOLUCION DE LAS VARIABLES ANALIZADAS PERIODO 2007-2012.....	51
4	<u>DISCUSIÓN.....</u>	54
4.1	ANÁLISIS DE PRECIPITACION Y DEFICIENCIAS HIDRICAS PERÍODO 1939/40-2011/12 .....	54

4.1.1	<u>Análisis de las precipitaciones y de las deficiencias hídrica (1939-2012)</u> .....	54
4.1.2	<u>Probabilidad de ocurrencia de ejercicios con sequía agronómica</u> .....	55
4.2	EVALUACION DE LAS SEQUIAS AGRONOMICAS SOBRE LOS ESTABLECIMIENTOS LECHEROS EN EL PERÍODO RECIENTE (1998/99 AL 2011/2012) .....	57
4.2.1	<u>Impacto de la sequía agronómica del 2008/2009 sobre los resultados productivos y económicos de los tambos</u> .....	60
4.3	LECCIONES APRENDIDAS POR PARTE DE LOS PRODUCTORES A PARTIR DE LAS SEQUIAS AGRONOMICAS.....	64
5.	CONCLUSIONES .....	68
6.	BIBLIOGRAFÍA .....	70
7.	ANEXOS: Estudio de la Variabilidad Climática en la zona de la cuenca lechera del SW del Uruguay para el período 1942 - 2012;Error! Marcador no definido.2	

## RESUMEN

La producción agropecuaria es una de las actividades más sensibles a la variabilidad climática. Las sequías generan altos costos económicos inmediatos y afectan la base de la producción primaria del país. En particular en la lechería, el proceso de intensificación productiva que se ha venido dando los últimos años podría exacerbar el impacto de las sequías, cada vez más recurrentes, sobre los resultados de los predios.

En este contexto el siguiente trabajo se plantea como objetivos caracterizar la ocurrencia, intensidad y la duración de deficiencias hídricas en un período de 72 años (1939/40-2011/12) y analizar el impacto de las sequías agronómicas en el pasado reciente (1998-2012) y las estrategias de adaptación, sobre los indicadores técnico productivo y económico de 14 predios lecheros ubicados en Florida y Colonia.

Para el análisis de la variabilidad de las precipitaciones se utilizaron series históricas de precipitación mensual de Colonia y Florida. Para el análisis de la tendencia al aumento del déficit hídrico en el período 1939-2012 se realizó con el test de Man Kendall. Los ejercicios con sequia agronómica se caracterizaron utilizando el Índice de Bienestar Hídrico (IBH), considerando la ocurrencia de la misma en aquellos ejercicios donde se presentaran tres o más meses consecutivos con valores de IBH por debajo de 0,5. A partir de dicha caracterización se calculó la probabilidad y el período de retorno con sequias agronómicas y la probabilidad y periodo de retorno de al menos 2 ejercicios consecutivos con sequia agronómica en primavera y verano para Florida y Colonia. Para estudiar el impacto de las sequías sobre los sistemas productivos se utilizaron 11 variables productivas y económicas y se construyó para cada productor una variable (VarPL) para el análisis de la variación en la producción de leche en el período 1998-2012 utilizando estadística multivariada para este análisis.

Los resultados indican que existe una tendencia estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ) de disminución de las deficiencias hídricas para el verano en ambos departamentos y para la primavera en el departamento de Florida. Para ambos



departamentos, se destaca la alta variabilidad interanual (80% de la varianza promedio). La probabilidad de ocurrencia de períodos con sequía y el período de retorno, así como también las rachas con sequía agronómica, variaron según el departamento y unidad de suelo. Para el período reciente (1998-2012) se destaca el ejercicio 2008/2009 con un período de escasez hídrica de 6 meses. Sin embargo, fue en el ejercicio siguiente (2009/10) que se manifestó la disminución en la producción de leche.

En el análisis de conglomerados se identificaron tres grupos. El Grupo 1 fue el que presentó la mayor disminución de producción de leche en relación a lo esperado ( $\text{VarPL}=1,37$ ), sin embargo su Margen Bruto no fue tan afectado (9% con respecto al Grupo 2 con mayor Margen). Este grupo presentó una estrategia basada en baja carga pero con alta producción por vaca y buena gestión de gastos variables asociados a menores gastos en concentrados y pasturas. Se definió como el más especializado ( $\text{PBL/PBT}=0,85$ ). El Grupo 2 tuvo una producción de leche más cercana a la esperada ( $\text{VarPL}=-0,67$ ) presentando el mayor Margen Bruto ( $\text{MB}=555$  U\$/haSPUtil). Se caracterizó por ser el grupo más intensivo desde punto de vista productivo, con alta carga y producción por vaca. Esta producción estuvo asociada a altos gastos variables (principalmente por un alto uso de concentrados y gastos de pasturas). Este grupo se identificó como el más diversificado por ser el presentó menor relación PBL/PBT (77%) reflejando un aporte de otra actividad al resultado económico global de los predios. Grupo 3 fue el que presentó mayor producción de leche respecto a la esperada ( $\text{VarPL}=0,57$ ), sin embargo el Margen Bruto fue el menor en comparación con los otros dos grupos ( $\text{MB}= 97$  U\$/haSPUtil). Si bien la carga y productividad fue similar a la del Grupo 1, los gastos variables duplican a los de este grupo asociado principalmente a mayor uso de concentrado por vaca con baja eficiencia de uso. El grado de especialización de este grupo fue intermedio ( $\text{PBL/PBT}=0,8$ ) y se identificó como el más sensible a las sequías agronómicas.

Se concluyó que no se observó una tendencia a un aumento de las deficiencias hídricas de los 72 años analizados, se destaca la alta variabilidad interanual en ambos departamentos (80% de la varianza en promedio). La amplitud del impacto negativo

de una sequía no necesariamente aumenta a mayor intensificación del sistema. El estudio en los sistemas productivos analizados mostró que dicha amplitud tiene mayor relación con las estrategias que lleva adelante cada predio frente al evento más que al nivel de intensificación del mismo.

Palabras clave: variabilidad climática, predios lecheros, adaptación

## SUMMARY

### ADAPTATION OF MILK PRODUCTION SYSTEMS TO CLIMATE VARIABILITY

Farming (Agriculture production systems) are one of the most sensitive activities to climate variability. Droughts generate immediate high economic costs because of the impact on a country's primary sector. At a producer level, there is a widespread perception of increased frequency and intensity of droughts in the agricultural sector over the last 10 years (MGAP FAO, 2013). In this context, the aim of the work was to characterize the occurrence, intensity and duration of hydric deficits over a period of 72 years (1939/40 - 2011/12), for the Departments of Florida and Colonia, Uruguay. Historical rainfall variability was analyzed using series of data from Colonia and Florida. The increasing trend of hydric deficits in the period 1939-2012 was analyzed using the Mann-Kendall test. In order to characterize the years with agronomic drought the agrohydropotential index (AHP) was used, values below 0.5 for at least three consecutive months were considered as agronomic drought. From this characterization it was calculated the probability and return period of an agronomic drought and the probability and return period of at least 2 consecutive years with agronomic drought in spring and summer for Florida and Colonia. Results show a trend, statistically significant ( $p < 0,05$ ), of less hydric deficits in the summer for both sites and less hydric deficits in the spring just for Florida. Moreover, for both regions a high inter-annual variability was observed (80% average variance). In reference to the probability of drought periods and the return period, as well as agronomical drought rashes, it was found that they varied according to the region and unit of soil. We concluded that it was not observed a trend towards an increase in hydric deficits of the 72 years analyzed but the high interannual variability in both regions (80% of the variance in average) stands out. Agronomic drought varied according to its history, duration, intensity and time of year.

Keywords: climate variability, dairy farms, adaptation

## **1 INTRODUCCIÓN**

Durante los últimos diez años la producción de leche en Uruguay 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). El crecimiento se explica por una mayor intensificación de la producción por área ya que el misma disminuyó de un millón de hectáreas en 2001 a 850 mil hectáreas en 2011 (DIEA, 2012). Esta mayor productividad por unidad de superficie ha generado una mayor presión sobre la base forrajera de los tambos y por tanto 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. La predicción de estos eventos es difícil, sin embargo, entender que los sistemas de producción son crecientemente sensibles a los riesgos climáticos es clave para iniciar estrategias de adaptación, que disminuyan la vulnerabilidad y aumenten la capacidad de recuperación de los agroecosistemas una vez que se produce un impacto.

Es así que la adaptación se ha convertido en un aspecto clave para la supervivencia de los establecimientos, por tanto ya no es solo una mejora competitiva de mercado. En el ámbito de la explotación individual, significa sobre todo que el negocio agrícola debe seguir siendo financieramente viable y a la vez proporcionar un nivel de vida aceptable para la familia (Lev y Campbell, 1987), sin efectos perjudiciales para el agro ecosistema. Esto requiere el desarrollo continuo de un conjunto de medidas de adaptación que se puedan implementar con rapidez frente a las perturbaciones del ambiente como la sequía.

En este contexto se plantea el siguiente trabajo, el cual tiene como objetivo relevar y analizar las estrategias de adaptación a las deficiencias hídricas en sistemas lecheros de la cuenca lechera del SW del Uruguay.

## **1.1 IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN LECHERA EN URUGUAY**

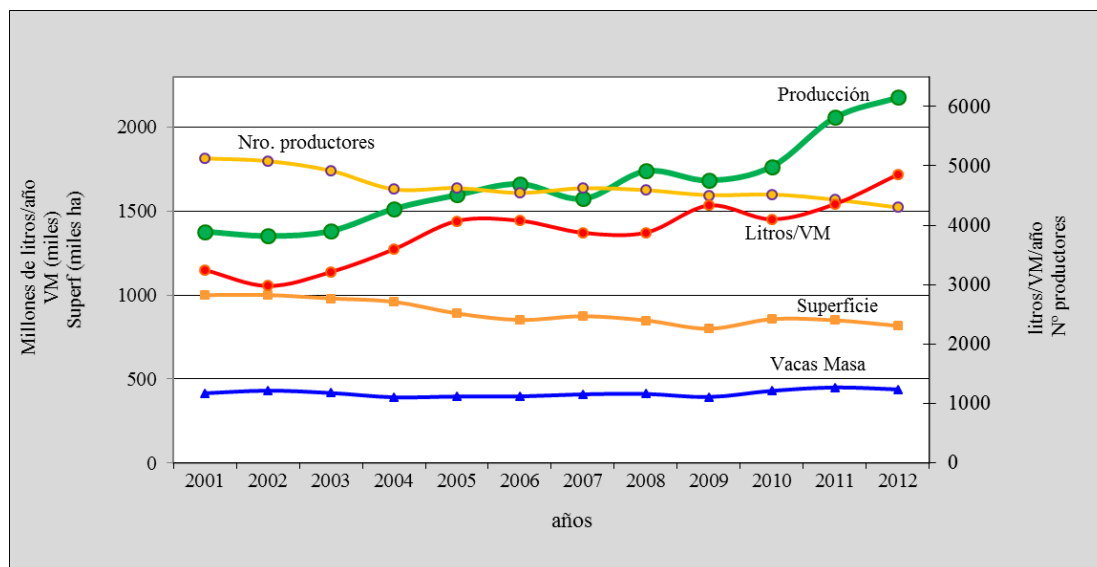
La producción de leche se encuentra concentrada principalmente en el sur del país. Los Departamentos de Colonia, San José y Florida representan el 84% de la producción nacional y el 55% de los establecimientos, y contienen la mayoría de las empresas industrializadoras (Uruguay XXI, 2011).

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).

La superficie total de tierras para lechería pasó de 1.000.000 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 mismo período (2001-2011) pasó de 5125 a 4433 (Figura 1).

De dicha cantidad algo más del 95% proviene de predios que tienen actividad comercial en lechería, en tanto el restante volumen se obtiene de otros predios agropecuarios donde dicho alimento se destina al consumo predial (DIEA, 2010).

**Figura 1.** Evolución de la producción, del número de predios, y de la superficie lechera (DIEA, MGAP 2012)



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.

El crecimiento de la producción se basó en un cambio tecnológico importante. La productividad por hectárea se incrementó un 59% en el período 1998-2007 (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Comparación de principales indicadores tecnológicos entre 1998 y 2007

<b>Indicador</b>	<b>1998</b>	<b>2007</b>
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

Fuente: Elaborado a partir de las encuestas lecheras Hernández (2009)

A la mejora de ese indicador de productividad contribuyeron ambos componentes: la productividad por vaca, que aumentó un 21%, y la productividad por hectárea que se incrementó un 26%. La relación vacas en ordeño sobre vacas totales, una medida de la eficiencia en el manejo del rodeo lechero, se incrementó un 7%. (Uruguay XXI, 2011).

La clave de este incremento está en un cambio en la alimentación del ganado, basado en 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 ha aumentado (Uruguay XXI, 2011). En particular, el ensilaje está fuertemente ligado a los establecimientos lecheros porque es un soporte importante de la oferta de materia seca en el período otoño-invierno; los cultivos anuales constituyen la principal fuente de materia prima para ensilar mientras que las praderas presentan una escasa participación relativa en el total del ensilaje utilizado. En los últimos años se destaca la importancia que ha adquirido el ensilaje de grano húmedo. Los cultivos de verano resultan ser los más frecuentes, y dentro de éstos el grano de sorgo es el de uso más común. En lo que respecta al henilaje, una de las tecnologías de más reciente aparición, se da con baja frecuencia con respecto a otras alternativas de reserva y está exclusivamente vinculada a establecimientos lecheros. (Sierra, 2011).

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 ha transitado estos últimos años (Blasina, 2011). Uno de ellos es la mejora en los precios de leche registrada a partir del 2010.

## **1.2 IMPACTO DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA SOBRE EL SECTOR AGROPECUARIO**

La variabilidad del clima se refiere a las variaciones en el estado medio y otros datos estadísticos (como las desviaciones típicas y la ocurrencia de fenómenos extremos) del clima, en todas las escalas temporales y espaciales, más allá de fenómenos meteorológicos determinados (IPCC, 2007). La variabilidad puede deberse a

procesos internos naturales del sistema climático (variabilidad interna) o a procesos influenciados por fuerzas externas naturales o antropogénicas (variabilidad externa).

La variabilidad climática impacta fuertemente en la productividad agropecuaria, en los ingresos y en los costos de las explotaciones y también en las variables macroeconómicas como el PIB y las exportaciones. En los últimos años, estimaciones realizadas por el MGAP muestran que estos eventos extremos le costaron a los productores y al país pérdidas por varios cientos de millones de dólares (Oyanthcabal, 2010). La frecuencia e intensidad de los eventos meteorológicos extremos son una dimensión sumamente relevante. Las deficiencias y excesos hídricos, las heladas fuera de época entre otros, afectan la producción de las pasturas y los cultivos en los que se basa la producción pecuaria. Pero además, muchos eventos climáticos adversos y extremos afectan directamente al animal e indirectamente a través de problemas sanitarios, y pueden tener efectos sobre procesos que afectan la producción tales como la fertilidad, preñez, eficiencia de conversión de alimentos en carne, leche o lana. Por lo anteriormente mencionado, resulta clave incluir en los estudios a la variabilidad climática para iniciar estrategias de adaptación, que disminuyan la vulnerabilidad y aumenten la capacidad de adaptación. (Baethgen, 2010).

A nivel nacional, Giménez et al. (2009) en un estudio regional realizado en el marco del Programa AIACC ("Assessment of Impacts and Adaptation to Climate Change) compararon los desvíos estándar de las medias y los coeficientes de variación de las precipitaciones registradas en los períodos 1931 - 1960 y 1971 - 2000 para primavera, verano, otoño e invierno (Cuadro 2).

Los resultados mostraron tendencias de aumento de las precipitaciones en primavera y verano y asociado a un leve aumento de la variabilidad (desviación estándar) en el pasado más reciente en relación a los 30 años anteriores. De las tendencias climáticas observadas de la precipitación no necesariamente se pueden inferir los efectos que esos cambios tendrán en la producción. Estos resultados sugieren la necesidad de incorporar los cambios en la variabilidad del clima a través de indicadores que



integren sus efectos a la producción agropecuaria para mejorar su adaptación al cambio climático (Giménez, et al, 2009).

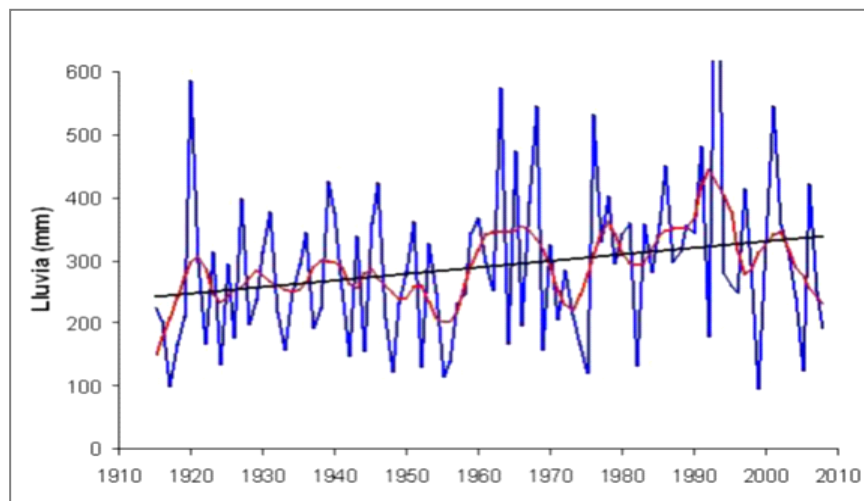
**Cuadro 2.** Coeficientes de Variación (%) de las precipitaciones registradas en 2 períodos de análisis (1931 - 1960 y 1971 - 2000), para las 4 estaciones del año en 3 localidades de Uruguay

	Primavera		Verano		Otoño		Invierno	
	1931-1960	1971-2000	1931-1960	1971-2000	1931-1960	1971-2000	1931-1960	1971-2000
	CV %	CV %	CV %	CV %	CV %	CV %	CV %	CV %
La Estanzuela	37	44	40	48	46	36	50	40
Mercedes	40	47	52	57	49	45	55	56
Paysandú	37	41	39	42	48	46	50	51

Fuente: Giménez et al. (2009)

Baethgen y Giménez, (2009) analizaron la variabilidad a distintas escalas de las precipitaciones ocurridas en La Estanzuela en los trimestres octubre- noviembre-diciembre para el período 1915-2008 (Figura 2).

**Figura 2.** Precipitaciones observadas en La Estanzuela en el trimestre Octubre- Noviembre-Diciembre en el período 1915 - 2008.



La línea de color negro muestra los cambios en el largo plazo ("tendencia lineal" de los últimos 100 años) que podría considerarse la escala de cambio climático, e indica que las lluvias de primavera en La Estanzuela han aumentado en unos 100 mm en los últimos 100 años. La línea de color rojo corresponde a la variación de la lluvia en

escala de décadas (variabilidad decádica) y muestra que a lo largo de los últimos 100 años (especialmente después de 1945) han existido períodos de 10-20 años en los que la lluvia de primavera tendió a estar por encima del promedio y otros períodos en los que tendió a estar por debajo. La diferencia entre los promedios de la lluvia en esos grupos de años más "secos" y más "lluviosos" fue de aproximadamente 100 a 250 mm. Finalmente la línea de color azul es la lluvia medida año tras año (variabilidad interanual). Claramente esta es la línea con mayor variación y muestra que en algunos años la lluvia de primavera llegó a estar hasta 600 mm por encima de los valores esperados mientras que en otros años llovió hasta 300 mm menos que los valores esperados.

Ejemplos recientes en Uruguay de eventos climáticos extremos son las sequías de 1999/00, 2003/04 y la de 2008/09. El evento de 1999/2000 arrojó un perjuicio económico considerable cuantificado en un monto superior a los US\$ 200 millones. El costo de la sequía del 2003/2004 habría sido similar a la anterior (Barrenechea, 2010)

Por su parte, la sequía 2008/2009, ha sido la de mayor extensión con respecto a las mencionadas anteriormente. La sequía determinó una pérdida en superficie importante de praderas que en algunas zonas alcanzó a la totalidad de las praderas sembradas y una menor disponibilidad de pasturas de calidad durante la primavera del 2008 (MGAP OPYPA, 2009). Esta sequía provocó una importante mortandad y una pérdida estimada en alrededor de un millón de terneros. Se estimó que el costo final de esta sequía en US\$ 950 millones (Barrenechea, 2010).

### **1.3 VULNERABILIDAD DE LOS SISTEMAS PASTORILES DE PRODUCCIÓN DE LECHE**

La vulnerabilidad, como la define el IPCC (2001), es el grado en el cual un sistema es susceptible a los efectos adversos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y los extremos climáticos. La vulnerabilidad es función de la exposición, la sensibilidad y la capacidad adaptativa del sistema.

La *exposición* es la naturaleza y el grado en que un sistema es expuesto a determinado evento extremo del clima. La *sensibilidad* es el grado en que un sistema es afectado negativa o positivamente por eventos climáticos extremos. La *capacidad adaptativa* es la habilidad de un sistema para ajustarse al evento climático extremo, moderar potenciales perjuicios, tomar ventaja de las oportunidades o lidiar con las consecuencias (y continuar generando las “salidas” esperadas del sistema) (Cruz et al. 2011).

El término vulnerabilidad tiene sentido si se expresa asociado a un sistema en particular y a una amenaza o rango de amenazas específicas. En este caso las *amenazas* se refieren a eventos climáticos extremos, o sea, manifestaciones físicas de la variabilidad y el cambio climático, como las sequías, inundaciones, cambios en los valores medios de variables climáticas (Cruz et al. 2011).

### **1.3.1 La Sequía como amenaza en los sistemas pastoriles de producción de leche**

Numerosos estudios realizados en Uruguay muestran una relación positiva entre la cantidad de pastura consumida por unidad de superficie y el resultado económico de la explotación lechera (Astigarraga 2004, Chilibroste 2004) Por ello, para los sistemas de producción que se basan en una oferta forrajera pastoril estable a lo largo de los años y entre años, la variabilidad climática impacta fuertemente en esta estabilidad. En particular, la sequía aparece como el evento extremo que se constituye en la principal amenaza para los sistemas pastoriles. (Cruz et al. 2001, Chapman et al. 2013, Nelson et al. 2007).

Existen distintos tipos de sequía: meteorológica, hidrológica, agrícola y socioeconómica (Valiente, 2001). Los tipos de sequía agrícola y socioeconómica serán las analizadas en este trabajo

La sequía meteorológica se basa en datos climáticos y es una expresión de la desviación de la precipitación respecto a la media durante un período de tiempo determinado.

La sequía agronómica (o agrícola) por su parte integra la capacidad de acumulación de agua del suelo de determinada región. Se produce una sequía agronómica (o agrícola) cuando no hay suficiente humedad en el suelo para permitir el desarrollo de un determinado cultivo (o pastura) en cualquiera de sus fases de crecimiento. Si los niveles de humedad en el suelo son suficientes para proporcionar agua a la vegetación durante el período que dure la sequía meteorológica, no llegará a producirse una sequía agrícola.

Por su parte, la sequía socioeconómica ocurre cuando la disponibilidad de agua disminuye hasta el punto de producir daños (económicos o personales) a la población de la zona afectada por la escasez de lluvias. Para que se produzca este tipo de sequía no es necesario que exista una restricción del suministro de agua, sino que basta con que algún sector económico se vea afectado por la escasez hídrica. La pujante presión antrópica sobre el recurso agua hace que cada vez sea mayor la incidencia de la sequía socioeconómica, con pérdidas económicas crecientes, incluso en el caso de una sequía meteorológica leve (Valiente, 2001).

Para el clima de Uruguay es esperable la ocurrencia de deficiencias de agua en verano, dada la fuerte estacionalidad de la Evapotranspiración Potencial (ETP). Ésta presenta una relación aproximada de 7/1 en sus picos de máximo en verano y mínimo en invierno, por lo tanto, no toda deficiencia de agua puede considerarse "sequía" (Cruz et al. 2014). Sin embargo, la variación entre años de la ETP es baja si se compara con su variación entre estaciones del año y mucho menor que la variabilidad interanual de la lluvia (Bettolli et al. 2010, citado por Cruz et al. 2014)

En los sistemas lecheros del Uruguay, la mayor productividad por unidad de superficie ha llevado a una mayor presión sobre la base forrajera de los tambos ya sea para consumo directo (pastoreo) o reservas forrajeras (ensilaje y heno) por tanto, cualquier evento que impacte sobre la producción forrajera, tendrá consecuencias en la producción inmediata y residual del sistema. En este contexto, un período de déficit hídrico de 3 meses será considerada en este estudio como sequía agronómica por considerar que impacta directamente sobre la tasa de crecimiento de las pasturas

y cultivos forrajeros, y en los resultados productivos y económicos (MGAP FAO, 2013)

### **1.3.2 Sensibilidad a la sequía de los sistemas pastoriles**

Con el fin de evaluar el impacto de la variabilidad climática sobre la performance de los sistemas de producción lechera es necesario analizar el efecto sobre la producción primaria (rendimiento de pasturas) y el sistema de producción en su conjunto. Han habido trabajos destinados a evaluar el impacto del cambio climático y de la variabilidad climática sobre los sistemas pastoriles de producción de leche a nivel internacional (Fitzgerald et al. 2009, Chapman et al. 2013) y recientemente en Uruguay (MGAP FAO, 2013)

#### **1.3.2.1 A nivel de pasturas y cultivos**

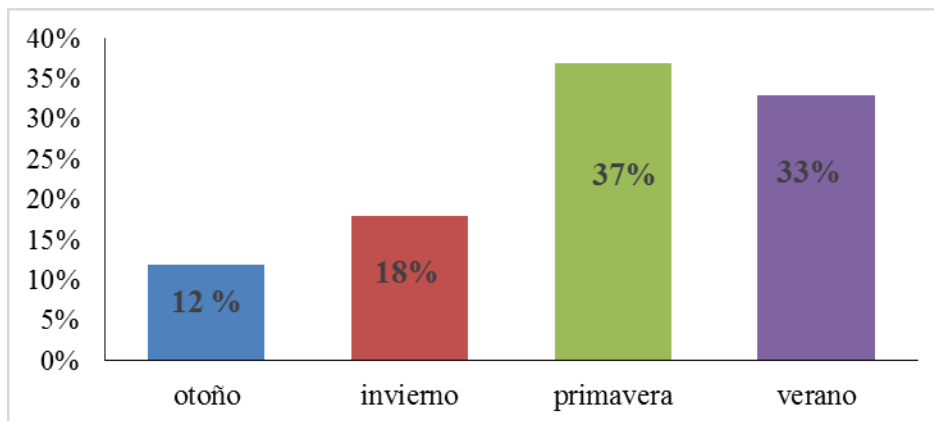
En las regiones templadas, la variación interanual impacta en las pasturas y cultivos afectando la tasa de acumulación de forraje, lo cual plantea un desafío en el manejo de alimentación de las vacas lecheras (Chapman et al. 2013). Los sistemas lecheros basados en pasturas requieren de un equilibrio entre la oferta y la demanda de alimento, donde la "oferta" se refiere a la cantidad total de nutrientes/energía disponible del pasto, y la "demanda" se refiere a la cantidad total de nutrientes/energía requerida por el ganado en pastoreo para mantenimiento y producción. Sin embargo, la oferta de forraje variará de un año a otro y esto no se puede predecir con anticipación. Si la tasa real de acumulación de forraje cae a niveles inferiores a la tasa esperada de acumulación de forraje, se producirá escasez de alimentos, se reducirá el consumo y por tanto la producción animal (Chapman et al. 2013).

A nivel nacional hay numerosos trabajos en ganadería donde se analizan la sensibilidad de los sistemas ganaderos a la variabilidad climática y se presentan estrategias de adaptación a las sequías (Dieguez et al. 2014, Terra 2014, Bartaburu 2009 entre otros).

En lo que refiere al ciclo de las pasturas, las pasturas perennes sembradas son menos sensibles que los forrajes y cultivos anuales a la variabilidad climática. Una de las posibles razones de este comportamiento es que mientras que los forrajes y cultivos anuales tienen unos meses para reaccionar a los cambios en el clima para la producción de biomasa, las pasturas perennes crecen durante todo el año, y durante tres o cuatro años consecutivos. Este período más largo de crecimiento podría permitir una mayor capacidad "buffer" en comparación con los 4-5 meses de crecimiento de los cultivos anuales. Además, el sistema radicular de las pasturas perennes tiende a presentar un desarrollo mayor lo cual contribuye a una mayor tolerancia al déficit hídrico (Carambula 2002, Volaire et al. 2014)

Respecto a la época del año, para los sistemas de 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 (producción a partir de pasturas y de cultivos forrajeros de verano) (Astigarraga, 2004) (Figura 3).

**Figura 3.** Proporción del forraje producido en primavera y verano de una rotación forrajera "tipo" de un sistema de producción de leche (Verdeo Invierno/Verdeo Verano, Pradera 1º año, Pradera 2º año, Pradera 3º año) (Astigarraga 2004).

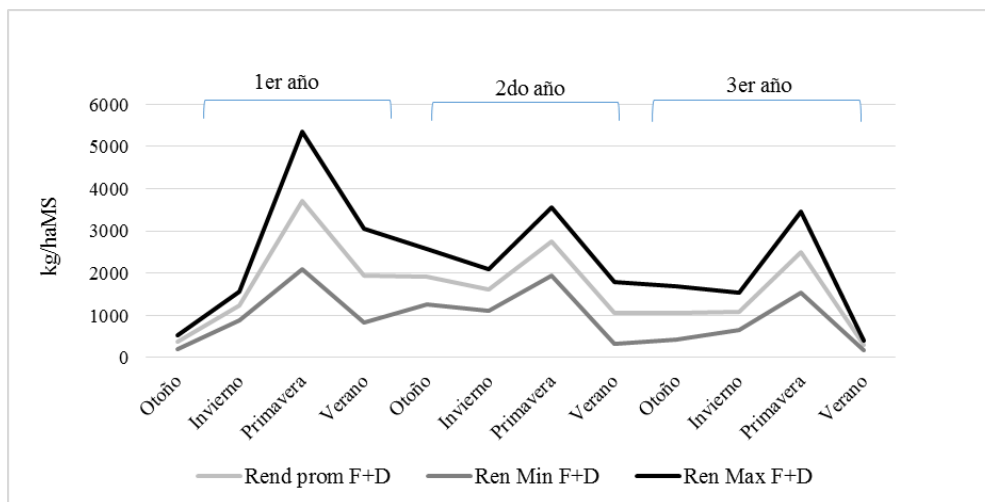


En los meses de primavera es cuando se registra la máxima producción y calidad de forraje. En esta estación, la pastura representa una proporción importante de la dieta y a su vez con el crecimiento excedente se realizan las reservas forrajeras. Por su parte en los meses del verano, si bien no se realizan siembras, el crecimiento de los

cultivos forrajeros en esta estación es determinante para la cantidad de forraje que podrá ser almacenado como ensilaje o heno para ser usado en otoño e invierno.

García (2003) reporta una importante variabilidad en la producción de materia seca estacional de pasturas (gramíneas perennes) en el periodo de primavera (CV=33%) para la zona de Colonia (INIA La Estanzuela) con respecto al promedio de 11 años de mediciones.

**Figura 4.** Producción promedio y desviación estándar de dos pasturas (Festuca y Dactilis) en INIA La Estanzuela con respecto al promedio de 11 años (García 2003)



Gray et al. (2008), analizando tasas de crecimiento de pasturas en la región de Waikato (Nueva Zelanda), señalan como particularmente variable a la estación de verano en la variación de la tasa de crecimiento, lo cual altera la capacidad de carga del sistema forrajero. La estrategia en esta situación, según estos autores, apunta a valorizar al máximo la producción de pasturas de primavera (casi el 50% de la producción anual) y a guardar como heno o ensilaje, el forraje excedente como medida de ajuste frente a veranos con déficit hídrico.

### 1.3.2.2 A nivel animal

A nivel animal, los períodos de déficit hídrico sobre todo si se dan en verano atentan contra el bienestar animal del rodeo lechero, ya que a la baja disponibilidad de agua

para el consumo y oferta de forraje se le suman las altas temperaturas que suelen estar asociadas a estos eventos climáticos extremos.

A nivel nacional hay estudios realizados sobre el impacto del estrés térmico y las olas de calor en el ganado lechero que reportan una disminución de aprox. 18% de la producción por vaca en nuestras condiciones (Cruz et al. 2008, Cruz et al. 2009, Saravia 2009, Saravia et al. 2011)

### **1.3.3 Adaptación y capacidad adaptativa a la sequía de los sistemas pastoriles de producción de leche**

El IPCC (2007) define la adaptación como los “ajustes en los sistemas ecológicos, sociales o económicos para responder a estímulos climáticos presentes o esperados, y sus efectos o impactos. La adaptación refiere a los cambios en los procesos, prácticas y estructuras para moderar los daños potenciales o beneficiarse de las oportunidades asociadas al cambio y variabilidad climática.

La capacidad adaptativa de una comunidad, se ha definido como la habilidad para ajustarse al cambio climático (incluyendo la variabilidad y sus extremos), moderar potenciales perjuicios, tomar ventaja de las oportunidades o lidiar con las consecuencias. Puede aspirarse a reducir la vulnerabilidad si se logra la realización de esa capacidad adaptativa en adaptación (Cruz et al. 2011)

La adaptación a la variabilidad climática y a los eventos extremos sirve como base para la reducción de la vulnerabilidad al cambio climático a largo plazo. El desarrollo de la estrategia de adaptación a largo plazo en la agricultura depende en abordar problemas similares en el corto plazo, reconociendo la comprensión fundamental de que la adaptación es un proceso de localización específica y de continuo aprendizaje. Un sistema de producción lechera a nivel de predio incluye un conjunto de recursos que se pueden usar y combinar de distintas formas. Lo que importa es cómo los componentes están unidos y la forma en que los recursos se utilizan, los productores tiene que ser capaces de lidiar con eventos inesperados y adaptarse a nuevas situaciones (Selvaraju, 2012).



Las medidas de manejo, tales como la carga animal o la fecha de parto, que tienen una gran influencia en la demanda total de alimento, se pueden implementar para ajustar el suministro de alimento y las curvas de demanda en el contexto de los objetivos técnicos y económicos del sistema. Otras medidas de manejo que se pueden realizar según las relaciones de precio entre la leche y los insumos, incluyen: aumento de fertilizante nitrogenado, compra de alimento extrapredio, la conservación de exceso de alimento como ensilaje o heno, o el secado de las vacas (Sheath y Clark 1996, Astigarraga et al. 2011, Fitzgerald et al. 2009).

### **1.3.3.1 Flexibilidad como atributo de la capacidad adaptativa**

En el estudio de Howden et al. (2007) sobre *Adaptando la Agricultura al Cambio Climático*, sostienen que gestionar sistemas complejos e inciertos implica repartir riesgos y la creación de buffers, para lo cual requieren una gestión flexible y adaptable.

Según Slack (1987), la flexibilidad en sentido genérico, es la habilidad de un sistema de responder a un costo razonable y en un tiempo corto, a cambios planificados o no planificados en su ambiente. En ese sentido se puede entender que la flexibilidad no es una característica del sistema en sí mismo, sino una característica de la relación del sistema con su ambiente (Rammel y Van den Bergh, 2003).

De Leeuw y Volverda (1996) definen la flexibilidad como la variedad de capacidades reales y potenciales que presenta un sistema para controlar el ambiente, así como la rapidez con que se pueden implementar estas capacidades. El control se refiere aquí a cualquier forma de influencia directa sobre el ambiente, y no necesariamente al éxito de la acción de control. La variedad asegura que los sistemas tengan a su disposición un amplio rango de acciones viables para afrontar las diferentes presiones del entorno. Sin embargo, las capacidades potenciales que tiene el sistema para responder a perturbaciones del ambiente generan costos inmediatos (como mínimo los costos de oportunidad) para reducir costos eventuales de ajuste a futuro (Reix, 1997). Es el "valor" que el tomador de decisiones está dispuesto a

pagar para conservar su futura libertad de elección" (Cohendet y Llerena 1989, Cowan et al. 2012).

Según Gjerding (1999), los sistemas flexibles pueden comportarse de manera reactiva ante un cambio o perturbación del ambiente, pero tienden a prepararse para esos eventos a futuro de manera proactiva, instalando cambios que les permitan absorber las perturbaciones. Es decir primero se actuará *ex-post-facto* respondiendo al cambio no anticipado, y luego se tratará de actuar *ex-ante-facto* controlando la incertidumbre y la variabilidad de los cambios no anticipados (Correa y Slack, 1996).

A nivel nacional Malaquin y Morales (2009) en base a resultados de trabajos de investigación realizados para la ganadería plantean a la flexibilidad como el desarrollo de la capacidad de aprendizaje que permite la acumulación de movilización de experiencias pasadas en el servicio de decisiones del futuro.

En el marco de la bibliografía de las ciencias de la gestión (management), Aaker y Mascarenhas (1984), proponen tres estrategias para aumentar la flexibilidad del sistema:

- a) diversificación
- b) desarrollo de recursos potencialmente útiles
- c) reducción de riesgo por medio de la integración

Se detallan a continuación las características de cada una de estas estrategias:

***a) La diversificación***

La diversificación se basa en una lógica de distribución y disminución de los riesgos y se aplica tanto a la variedad de productos producidos, como a los mercados de colocación de estos productos. También incluye la descentralización de las unidades de producción y el aumento de la autonomía de estas unidades de producción, que es aplicado particularmente por las grandes empresas de agricultura en nuestro país como mecanismos para reducir el impacto de la variabilidad climática a nivel de una determinada región.

La estrategia de variedad de productos y de mercados no es frecuente de encontrar a nivel de los predios lecheros que remiten leche, que tienen en general una alta

adhesión a un solo comprador del producto (industria láctea). Sin embargo es una estrategia que se observa en los predios que realizan transformación de la leche a nivel predial (variedad de quesos y de compradores) (Lancibidad y Loza, 2011).

A nivel nacional Baethgen (2010) propone como medidas para disminuir la vulnerabilidad de los sistemas agrícolas a las variaciones climáticas la diversificación de la producción ya sea utilizando diferentes cultivos como también utilizando medidas de manejo que eviten concentrar las etapas críticas de un mismo cultivo en el mismo período del año, como puede ser diferentes combinaciones de épocas de siembra y tipos de cultivares con diferente largo de ciclo. En el caso de la producción pecuaria se puede diversificar combinando diferentes ciclos en ganadería (cría hasta ciclo completo, incluyendo la relación lanar: vacuno) (Gray et al. 2008, Dieguez et al. 2014).

#### ***b) El desarrollo de recursos potencialmente útiles***

Los recursos potencialmente útiles hacen referencia a un superávit de un determinado recurso que tiene un efecto positivo ya que permite hacer frente a las dificultades imprevistas o, al contrario, aprovechar las oportunidades que puedan surgir en el ambiente explorando algunas alternativas, realizando pruebas y posiblemente financiando los fracasos (Plane, 2003).

El uso del riego estratégico puede ser analizado como un recursos potencialmente útiles a nivel de la empresa agropecuaria. En este sentido, son varios los autores que han propuesto utilizar tecnologías que permitan reducir la variabilidad de los rendimientos de cultivos (para grano o para reserva de forraje) por medio del riego como un ejemplo concreto (Baethgen 2010, Giménez et al. 2009, Lapetina et al. 2011). Por riego estratégico se entiende recurrir a una fuente de agua (en general un pozo con suficiente caudal) que será utilizada solo en caso de sequía. Si este recurso pasa a integrar de forma permanente el sistema de producción deja de ser un recursos potencialmente útiles y por tanto no puede paliar la falta de agua en caso de sequía (Gray et al. 2008, Chapman et al. 2013, Cowan et al. 2012).

El capital que queda inmovilizado en el pago anual de los seguros también podría ser analizado como un recursos potencialmente útiles, en la medida que éste tiene un costo de oportunidad (Reix, 1997).

En este sentido, Astigarraga e Ingrand (2011) reportan el uso de diferentes rutas tecnológicas para producir carne en periodos de sequía por los productores extensivos de Limousin en Francia gracias a la posibilidad de incluir maíz para silo en la superficie excedentaria de las explotaciones que solamente es usado en los años con falta de forraje por eventos de sequía durante la primavera-verano.

Gray et al. (2008), describen las estrategias para hacer frente a la variabilidad climática de dos productores de ovinos en Nueva Zelanda. Las estrategias de estos productores se basan en transferir pasturas de la primavera para el verano-otoño, mantener el estado corporal de los animales y garantizar una oferta de pasturas en los momentos de la parición. A nivel de las ventas un elemento importante de su estrategia de gestión del riesgo climático es la generación de stocks adecuados de reservas de forraje que puede utilizarse para retrasar la venta de animales durante una sequía hasta que los precios se recuperen.

En sistemas de producción de leche también se ha planteado la necesidad de contar con reservas forrajeras excedentes (es decir con un año de avance) como seguro para ser utilizado en años secos (McDonald y Heidler 2010, Cowan, et al. 2012, Chapman et al. 2013, Lapetina et al. 2011, MGAP FAO, 2013).

### ***c) reducción de riesgo por medio de la integración***

Las empresas se organizan armando redes de proveedores y subcontratistas (Alcouffe, 2001). Las nuevas formas de relaciones están basadas más en la cooperación y en la asociación que en la dependencia y la subordinación. Esta redefinición de la división del trabajo se acompaña de una reorientación de las organizaciones productivas: las empresas se centran en su “oficio”, es decir en el eslabón de la cadena de valor en el cual están especializadas.

Estos movimientos se basan en la constitución de la empresa en torno a una red estable de socios con actividades complementarias en el que las relaciones son

flexibles y duraderas en función de una base contractual clara. Esta estrategia también contribuye a la gestión del riesgo en la medida que permite transferir la variabilidad asociada a la producción de determinado insumo a otra empresa especializada en ese rubro.

Este es el caso de la producción de granos para la alimentación animal, en donde se han ido armando acuerdos entre agricultores y productores de leche por medio de las gremiales (Zorrilla, 2011). Estos acuerdo permiten el abastecimiento de grano a un precio mejor que el que se conseguiría en el mercado y reducen los riesgos asociados a la agricultura (variabilidad climática, variabilidad de precios, etc.)

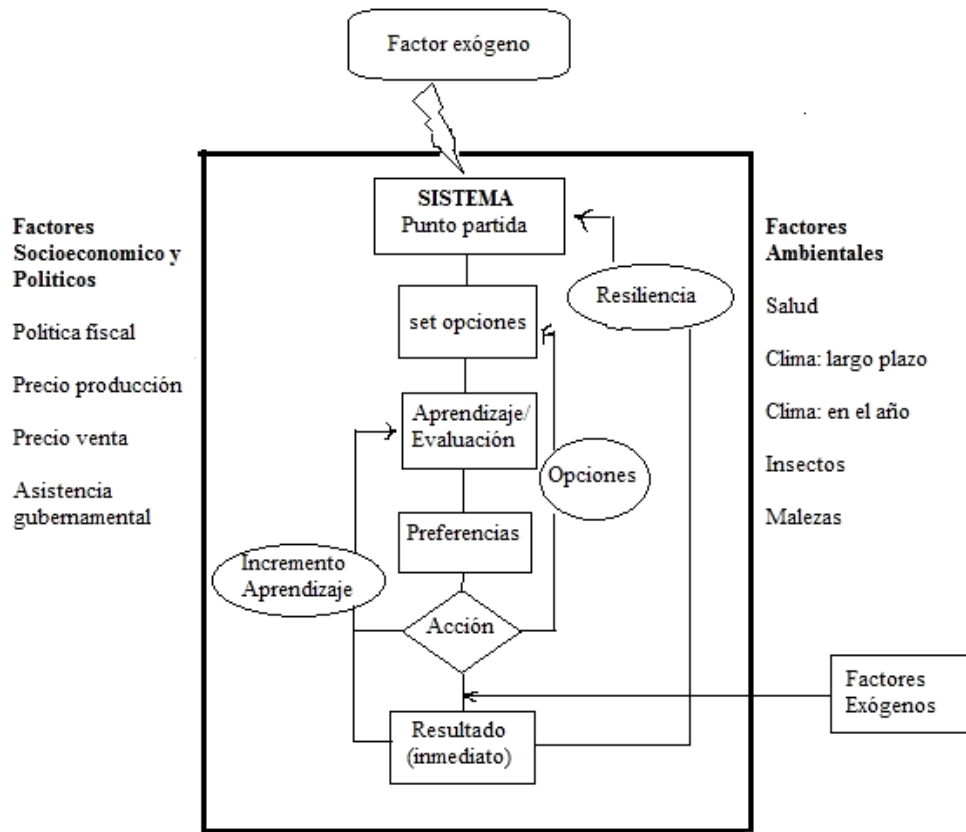
#### **1.3.4 El aprendizaje como variable relevante de la capacidad adaptativa**

El aprendizaje es un elemento importante en la capacidad adaptativa de los sistemas productivos frente a las perturbaciones provenientes del clima. Es así que el estudio de la flexibilidad a nivel de un establecimiento agropecuario debería ser analizado en términos de cómo éste preserva una capacidad relativa para responder o adecuarse a las circunstancias cambiantes, más que como se presenta en un momento dado (Darnhofer et al. 2010). Según Lev y Campbell (1987), la flexibilidad que existe en un tiempo  $T_0$  resulta de las decisiones tomadas anteriormente  $T_{-1}$ , por lo tanto la toma de decisiones tiene impactos inmediatos y futuros. Cuando se toma la perspectiva de la flexibilidad no se debe buscar la mejor decisión en periodos cortos de tiempo, es mejor verlo en una estrategia global que permita integrar las consecuencias de corto y de largo plazo en el sistema (Lev y Campbell, 1987).

La figura 5 presenta las diferentes etapas en la planificación de las intervenciones para atenuar el impacto de perturbaciones del ambiente según Lev y Campbell (1987).

El punto de partida del sistema representa los factores exógenos, así como las decisiones del pasado que están más allá del control del predio en el momento cero. El “set de opciones” son las alternativas técnicamente viables desde el cual la familia puede hacer sus selecciones.

**Figura 5.** Componentes del problema que enfrentan los productores para la toma de decisión (Lev y Campbell, 1987).



El cuadro denominado "aprendizaje/evaluación" representa el conjunto de conocimientos que el predio posee con respecto a cada una de las opciones en el  $T_0$ . Más allá del conocimiento efectivo de las alternativas hay otro factor que influye en hacer lo que se denomina aquí "preferencias". La "acción" tomada en  $T_0$  está relacionada con las decisiones futuras y por lo tanto las acciones actuales serán evaluadas no sólo en términos de sus resultados inmediatos, sino también en términos de sus implicaciones de largo alcance (Lev y Campbell, 1987).

Para hacer frente a la variabilidad climática de dos productores de ovinos en Nueva Zelanda, Gray et al, (2008) identifican las siguientes estrategias:

1. Un sistema de vigilancia que permita identificar rápidamente los problemas y oportunidades.
2. Un plan de trabajo con metas claras para identificar desvíos en la producción esperada
3. Una base de datos histórica de datos de climáticos y resultados técnico-productivos
4. Un amplio conjunto de planes de contingencia y las reglas de decisión para determinar la mejor opción para aplicar en las condiciones existentes

A nivel nacional, Bartaburu et al. (2001) presentaron información proveniente de talleres con productores lecheros, destinados a determinar cuáles son las señales que analizan los productores para la toma de decisiones ante eventos climáticos extremos. La información recabada muestra que las señales son: la situación de las pasturas, el estado de los animales y la situación de las aguadas. Cuando estos factores descienden por debajo de determinados límites, provocan una serie de decisiones estratégicas relacionadas con la capacidad que los productores desarrollan para adaptarse a escenarios cambiantes

Por medio de metodologías participativas con productores ganaderos, Bartaburu (2011) también valida una caracterización de los productores como proactivos o que “miran el pasto” y reactivos o que “miran el ganado”. Los productores que “miran el pasto” se anticipan a eventos extremos del clima y a variaciones en los precios del mercado respaldándose en información objetiva. Los productores reactivos o que “miran el ganado”, utilizan altas cargas animales y manejan el stock animal como una acumulación de capital y caja de ahorro, más que como un elemento productivo. Estos productores reaccionan en la toma de decisiones de adaptación a la sequía cuando sus animales ya están afectados por la falta de pasto y suplementan cuando el nivel de mortandad es elevado.

A modo de resumen, se puede afirmar que el evento extremo de mayor riesgo para la agropecuaria de base pastoril es la sequía. Hasta hace una década atrás, la sequía ha sido tratada por las políticas agropecuarias como un desastre natural requiriendo de intervenciones o ayudas para paliar la emergencia. Esta forma de ver a la sequía ha perjudicado los incentivos para que los agricultores auto-gestionen el riesgo climático. A nivel nacional, en el desarrollo de políticas desde principios de 2009, a partir del trabajo realizado por el Sistema Nacional de Respuesta al Cambio en su Climático, la sequía ha sido considerada una característica natural de nuestro clima variable en su régimen de precipitación interanual (Plan Nacional de Respuesta al Cambio Climático, 2009). Esto significa que la gestión exitosa del riesgo climático se reconoce como característica o atributo deseable de un sistema de producción agropecuario (Nelson et al. 2007, Nelson et al. 2010). Con este enfoque se apunta a disminuir el impacto de la sequía en la viabilidad productiva y económica de los productores agropecuarios de manera que no deban abandonar sus explotaciones debido a eventos adversos de corto plazo (Nelson et al. 2010). La necesidad de enfoques más innovadores y holísticos para la comprensión de la vulnerabilidad de los sistemas de producción agropecuarios de Uruguay a la variabilidad del clima y el cambio climático, ha sido analizada recientemente en un estudio realizado por el Centro Interdisciplinario de Respuesta al Cambio y a la Variabilidad Climática de la Universidad de la Republica (2013) en el proyecto “Nuevas Políticas de adaptación de la agricultura al Cambio Climático” de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de Uruguay. Esta tesis es parte del trabajo iniciado en el Centro Interdisciplinario de Respuesta al Cambio y Variabilidad Climática.

A continuación se plantean las hipótesis y objetivos del trabajo, donde se analizará la evolución de las deficiencias hídricas de 72 años (1942-2012) del SW del Uruguay y el impacto de las mismas en 14 predios lecheros en dicha zona. Si bien por el bajo número de casos la información brindada no puede ser utilizada para extrapolar a nivel nacional, sí se espera que sea de apoyo para futuras investigaciones en este tema.



## **1.4 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**

### **1.4.1 Hipótesis**

- i) Existe una tendencia de aumento de las deficiencias hídricas a partir del análisis de una base de datos reciente de 72 años (1939/40-2011/12)
- ii) Las deficiencias hídricas impactan negativamente en los resultados productivos y económicos de los tambos en el ejercicio en donde se manifiestan
- iii) La amplitud del impacto negativo de un período con deficiencia hídrica sobre los resultados productivos y económicos aumenta a mayor intensificación del sistema productivo

### **1.4.2 Objetivo General**

Analizar las estrategias de adaptación a las deficiencias hídricas en 14 tambos de la cuenca lechera del SW del Uruguay.

#### **1.4.2.1 Objetivos Específicos**

- Caracterizar y analizar la ocurrencia, la intensidad y la duración de deficiencias hídricas durante un periodo reciente de 72 años (1939/40-2011/12) para los Departamentos de Florida y Colonia.
- Analizar el impacto de las deficiencias hídricas recientes sobre los principales indicadores técnicos, productivos y económicos de predios lecheros ubicados en los Departamentos de Florida y Colonia
- Identificar estrategias que implementan los sistemas lecheros analizados para disminuir el impacto de períodos con déficit hídrico en los resultados productivos y económicos

## **2 MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1 ANÁLISIS AGROCLIMÁTICO**

#### **2.1.1 Variabilidad de las precipitaciones 1939 – 2011**

Para el análisis de la variabilidad de la lluvia se recurrió a series históricas de precipitación mensual para el período 1939/40-2011/12 de las estaciones meteorológicas (EM) de Colonia (34.4 S; 57.8 O) y Florida 34.4 S; 56.2 O). Los datos de precipitación fueron brindados por INUMET.

Para descomponer la variabilidad de las precipitaciones en sus componentes de corto (interanual), mediano (decádico) y largo plazo (tendencias) se utilizó la metodología recomendada por el International Research Institute for Climate and Society, Univ. De Columbia (Greene, A.M, et. al, 2011) que se basa en el análisis estadístico de series temporales.

#### **2.1.2 Determinación de las deficiencias hídricas 1939-2011**

##### **2.1.2.1 Balance Hídrico (BH)**

Para caracterizar los períodos de déficit hídrico se realizó el Balance Hídrico (BH) meteorológico (1939-2011) y a partir de éste el cálculo del Índice de Bienestar Hídrico (IBH).

El Balance Hídrico (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 real

Var. Alm.: variación del almacenaje en el suelo

Ecurr: escurrimiento superficial

Drenaje: drenaje profundo

Según Thornthwaite y Matter (1957), 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 “reservorio” y tomando en cuenta además que éste ejerce una retención no lineal por el agua. Se considera que el escurrimiento superficial y drenaje profundo se manifiestan después de cubrirse la 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 10 días). Bajo estos supuestos, existirán deficiencias de agua en el suelo cuando  $ET < ETP$  y la magnitud corresponderá a la diferencia entre ambas ( $ETP - ET$ ).

La Evapotranspiración Potencial (ETP) se define como el agua perdida desde un área de considerable dimensión, homogénea, totalmente cubierta de vegetación herbácea, en activo crecimiento y que no sufre nunca deficiencias de agua. Así definida, sólo depende de la demanda atmosférica y constituye una referencia importante para estimar las necesidades hídricas de las plantas

Debido a la falta de información disponible para la estimación mensual de la evapotranspiración potencial (ETP) en cada año, se utilizó información de ETP climática del período 1931-1980 (Boshell y Chiara, 1982). Los niveles de ETP en Uruguay están básicamente explicados por el balance de radiación (Cruz et al. 2014), lo que le imprime una elevada variación a lo largo del año y una relativamente baja variabilidad interanual. En este trabajo se justifica esta simplificación ya que es relevante considerar los tipos de suelos y se conoce que el elemento de alta variabilidad interanual es la lluvia.

Se utilizaron los datos de precipitación de las estaciones meteorológicas (EM) de Colonia (34,4S; 57,76O) y Florida 34,45S; 56,2O).

Para el departamento de Colonia se utilizaron las Unidades Cartográficas a escala un millón de San Gabriel – Guaycurú (SG-G) y Ecilda Paullier – Las Brujas (EP-LB), mientras que para Florida se utilizó San Gabriel – Guaycurú. Para el caso de EP-LB, el suelo predominante correspondió a un Brunosol Eutrítico Típico, con un contenido de agua potencialmente disponible de 136.7 mm. La Unidad de SG-G

presentó como suelo predominante Brunosol Subeutrico Haplico Fr, y agua potencialmente disponible de 92.4mm (Molfino y Califra, 2001).

### 2.1.2.2 Índice de Bienestar Hídrico (IBH)

Para caracterizar las condiciones hídricas en contextos agrícolas se utilizó el Índice de Bienestar Hídrico el cual es la relación entre la evapotranspiración real de un cultivo (ETR) y la evapotranspiración óptima (ETP). Los valores numéricos del IBH están comprendidos entre 0 y 1.

Según Petrasovits (1990) este indicador puede mostrar, hasta qué punto y durante cuánto tiempo, es un terreno capaz de satisfacer la demanda de agua del cultivo que lo ocupa, también es útil para expresar la frecuencia de las sequías y de los diferentes grados de escasez de agua.

En el cuadro 3 se presentan las categorías propuestas por Petrasovits (1990) para caracterizar la severidad de las deficiencias hídricas.

**Cuadro 3.** Categorías de severidad hídrica según (Petrasovits 1990)

<b>IBH</b>	<b>Descripción</b>
1,0 - 0,8	la escasez de agua del cultivo es sólo teórica, porque a las plantas se les suministra agua de forma continua e ilimitada
0,8 - 0,5	la capacidad para satisfacer la demanda de agua de la zona sigue siendo continua, pero se va restringiendo progresivamente
0,5 - 0,3	la escasez de agua empieza a ser alta, el suministro de agua a las plantas es periódico y restrictivo , como consecuencia, aparecen síntomas de estrés hídrico
< 0,3	se produce un gran estrés hídrico, que causa considerables pérdidas de biomasa y, si esta situación se prolonga, también causa la muerte de la planta

La unidad INIA-GRAS en sus informes mensuales agroclimáticos toma como criterio para caracterizar al IBH que valores cercanos a 1 indican que la vegetación se encuentra en valores de transpiración cercanos a la demanda potencial. Por el contrario valores de IBH cercanos a 0 indican que la vegetación se encuentra en valores de transpiración muy por debajo de la demanda potencial, indicando que la

vegetación se encuentra bajo estrés hídrico. Considera en general que valores de índice de bienestar hídrico por debajo de 0,5 indican condiciones de estrés en la vegetación.

### **2.1.2.3 Caracterización de ejercicios con sequia agronómica.**

Teniendo en cuenta estos antecedentes, para caracterizar un ejercicio con sequia a agronómica se consideró que en el mismo debía presentar tres o más meses consecutivos con valores de IBH igual o por debajo de 0,5.

Así mismo se utilizaron los siguientes criterios para definir ocurrencia, intensidad, duración de la escasez hídrica:

*Ocurrencia:* Si en el ejercicio se registraban al menos tres meses consecutivos con IBH mensual menor a 0.5 ( $IBH \leq 0,50$ )

*Intensidad:* el mes (o meses) donde se registró el menor IBH en un el ejercicio con déficit hídrico.

*Duración de la escasez hídrica:* período con IBH inferior a 0,80 que antecede y/o sucede a la secuencia de por lo menos 3 meses con IBH inferior a 0,50 ( $0,5 < IBH < 0,8$ ).

A partir de la caracterización de los ejercicios se calculó la probabilidad de ocurrencia de sequías agronómicas en ejercicios con 3, 4, 5 y más meses consecutivos así como su correspondiente periodo de retorno ( $1/\text{probabilidad}$ ).

Se calculó también la probabilidad de ocurrencia de al menos dos ejercicios seguidos con sequía agronómicas (rachas) de primavera-verano y el correspondiente período de retorno.

### **2.1.3 Análisis estadístico de la base climática**

Para comprobar estadísticamente la existencia de tendencias de déficit hídrico (1-IBH) en el período analizado (1939-2011), se realizó el test de Mann- Kendall (Kendall, 1975) para las estaciones de primavera (set-oct-nov) y verano (dic-ene-feb) de ambos lugares y para cada unidad suelo.

## 2.2 ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS LECHEROS

### 2.2.1 Base de datos de los predios lecheros

Se utilizó información de tres grupos de productores integrantes de la Federación Uruguaya de Grupos CREA (FUCREA), correspondiente a 14 predios lecheros de los cuales 12 se encuentran ubicados en el departamento de Colonia y 3 en el departamento de Florida (Figura 6).



**Figura 6.** Ubicación grupos de productores

Para la selección de los predios se tuvo en cuenta que los mismos llevaran registros económicos de manera ininterrumpida para el período 1998/99 al 2011/12 y que no presentaron cambios (menos de 10% de variación) en la superficie lechera durante los años de estudio.

Los predios seleccionados cuentan con una larga experiencia de trabajo en grupo. El asesoramiento técnico, las reuniones mensuales y el análisis de la información productiva y económica son un insumo importante para la toma de decisiones dentro de cada establecimiento. El criterio de selección y las características de los predios

hace que los mismos no se puedan considerar una muestra representativa del sector lechero.

El período analizado fueron los últimos 14 ejercicios (1998/99-2011/12). Las variables utilizadas para el análisis fueron: producción anual (litros), superficie pastoreo lechero (ha SPL), productividad por unidad de superficie (litros/ha SPL), por vaca masa (litros/VM), carga animal (VM/ha SPL), concentrado por vaca masa (kg conc/VM), concentrado por litro (conc.gr/litro), producto bruto total (PBT U\$\$/ha SPUtil), producto bruto leche (PBL U\$\$/ha SPUtil), gastos variables (U\$\$/ha SPT), gasto pasturas y cultivos (U\$\$/ha SPUtil) y margen bruto (U\$\$/ha SPUtil).

### **2.2.2 Construcción de la variable para el análisis de la variación de la producción de leche**

La producción de leche durante el período de estudio tuvo un crecimiento promedio de 7% anual para el conjunto de los predios estudiados, por lo cual para analizar el impacto de una sequía sobre la variación de la producción de leche, se construyó para cada productor una variable (VarPL) que representa la diferencia entre la Producción de Leche Observada (PLO) y la Producción Leche Esperada (PLE) (calculada en función de una regresión lineal simple para la serie de años analizada). Esta diferencia se dividió sobre la Producción de Leche Esperada para poder comparar entre predios aislando el efecto del tamaño:

1. Producción Leche Esperada (PLE) en función de la regresión lineal simple  
 $PLE = a + b(\text{ejercicio}) + \varepsilon$ , siendo b la tasa estimada de crecimiento de la producción para el periodo analizado

$$2. \text{VarPL (residuo estandarizado)} = (\text{PLO} - \text{PLE}) / \text{PLE}$$

Donde:

VarPL < 0 la producción de leche observada fue menor a la esperada en el ejercicio.

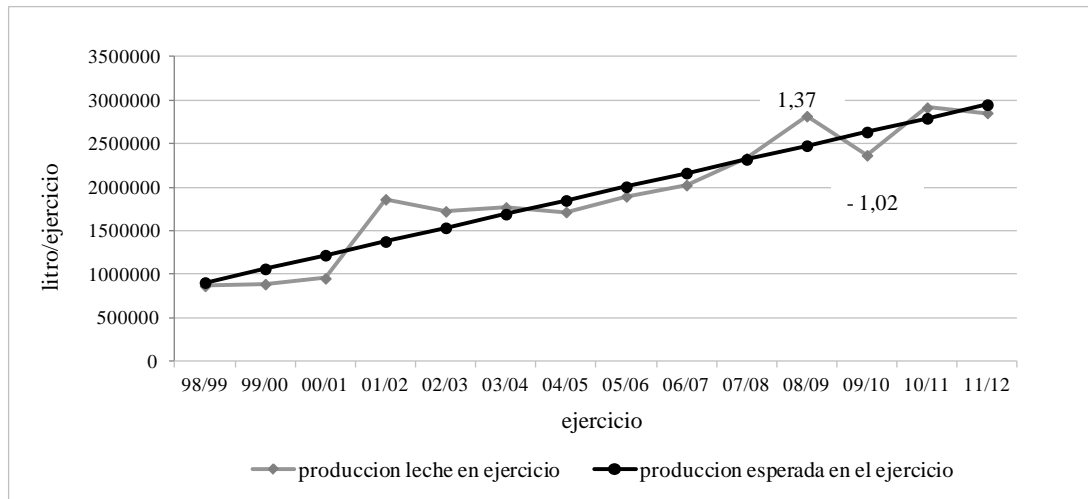
VarPL = 0 la producción observada fue igual a la esperada en el ejercicio.

VarPL > 0 la producción de leche observada fue mayor a la esperada en el ejercicio.

Esta variable permite contrastar la producción real de leche remitida de un predio con la producción teórica esperada a lo largo de la serie de años analizada (14 años)

A modo de ejemplo, en la Figura 7 se muestra la evolución de la remisión de leche de uno de los tambos de Colonia. La línea gris describe la producción real anual de mientras que la recta en verde representa el crecimiento predicho (esperado).

**Figura 7.** Producción de leche real y esperada para un tambo de Colonia en el período 1998/99-2011/12



En el ejemplo, el valor VarPL para el ejercicio 2008/2009 significa que para ese ejercicio, el predio produjo por encima del valor de producción anual esperado. Por el contrario, en el ejercicio siguiente 2009/2010, el valor Var PL indica que se produjo por debajo del valor de producción anual esperado tomando en cuenta la tasa de crecimiento que presenta el predio entre los ejercicios 1998/99 al 2011/12.



### **2.2.3 Análisis estadístico de la base de datos de los sistemas lecheros**

#### **2.2.3.1 Análisis Correlación**

Para medir la relación entre la VarPL y las variables en estudio se realizó un análisis de correlación simple de Pearson. Las variables analizadas fueron: Variación Producción de Leche (VarPL), productividad por unidad de superficie (litros/ha SPL), por vaca masa (litros/VM), carga animal (VM/ha SPL), concentrado por vaca masa (kg conc/VM), concentrado por litro (conc gr/litro), producto bruto total (PBT U\$\$/ha SPUtil), producto bruto leche (PBL U\$\$/ha SPUtil), gastos variables (U\$\$/ha SPUtil), gasto pasturas y cultivos (U\$\$/ha SPUtil) y margen bruto (U\$\$/ha SPUtil).

A continuación se utilizaron dos técnicas de estadística multivariada exploratorias: Análisis de Componentes Principales (ACP) y Análisis de Conglomerados.

#### **2.2.3.2 Análisis de componentes principales**

El Análisis de Componentes Principales (ACP) se realizó con las 11 variables seleccionadas para el ejercicio 2009/2010.

El ACP es una técnica generalmente utilizada para reducir dimensionalidad. Con el ACP se construyen ejes artificiales (*componentes principales*) que permiten obtener gráficos de dispersión de observaciones y/o variables con propiedades óptimas para la interpretación de la variabilidad y covariabilidad subyacente (Infostat 2008). La representación tradicional de este análisis es un gráfico bidimensional llamado biplot el cual permite visualizar observaciones y variables en un mismo espacio y así identificar asociaciones entre observaciones, entre variables y entre variables y observaciones.

Las variables originales aparecen aquí como vectores cuya proyección sobre cada eje ortogonal representa la influencia de la variable respectiva sobre el correspondiente componente principal. El coseno del ángulo formado entre los vectores de las variables originales es una medida directa de la correlación entre dichas variables. Si el ángulo es próximo a cero, la correlación es estrecha y positiva; si el ángulo es

próximo a 180°, la correlación es también estrecha pero negativa; finalmente, si el ángulo es cercano a 90°, las variables están escasamente relacionadas.

### **2.2.3.3 Análisis de Conglomerados**

Para analizar la estructura de las variables en estudio, se realizó un Análisis de Conglomerados. Se recurre a técnicas de agrupamiento cuando no se conoce una estructura de agrupamiento de los datos “a priori” y el objetivo operacional es identificar el agrupamiento natural de las observaciones. Las técnicas de clasificación basadas en agrupamientos implican la distribución de las unidades de estudio en clases o categorías de manera tal que cada clase (conglomerado) reúne unidades cuya similitud es máxima bajo algún criterio. Es decir los objetos de un mismo grupo comparten el mayor número permisible de características y los objetos en diferentes grupos tienden a ser distintos.

Para el análisis de las variables, la técnica de clasificación seleccionada fue la jerárquica, este método produce agrupamientos de tal manera que un conglomerado puede estar contenido completamente dentro de otro. El método de agrupamiento seleccionado fue el Ward, el cual une grupos considerando que la variabilidad entre ellos sea mínima. Dado que los datos tienen propiedades métricas, se usó la medida de distancia Euclídea. El análisis se corrió con los datos estandarizados de cada uno de las variables. Los resultados se muestran en un dendograma, en el que se pueden observar las uniones y/o divisiones que se van realizando en cada nivel del proceso de construcción de conglomerado.

### **2.2.4 Percepción y medidas de adaptación de los productores al déficit hídrico**

Para conocer la percepción y estrategias de adaptación de los productores frente a la sequía, se realizaron tres talleres con los productores donde se presentaron los resultados del análisis agroclimático de los últimos 72 años y el análisis productivo y económico de los 14 predios en estudio en el período 1998-2012.

Para el planteo del taller, se utilizó como base la metodología presentada por Risbey et al. (1999) en el trabajo sobre adaptación de los sistemas productivos a la

variabilidad y al cambio climático de productores de Australia. En el mismo se pretendía generar información sobre la adaptación de los sistemas productivos a la variabilidad y al cambio climático, analizando la percepción y las estrategias de los productores en un proceso según cuatro etapas:

- 1) ¿Cuál es la señal que indica que se está frente a una posible sequía?
- 2) luego de detectada la señal, ¿Cómo se interpreta? ¿Con quiénes? ¿Se evalúan las posibles consecuencias y los impactos?
- 3) ¿Cómo se realiza la toma de decisiones y cómo se efectivizan en la práctica?
- 4) ¿Se monitorean las decisiones tomadas para evaluar si fueron las apropiadas? ¿Cuáles son las lecciones aprendidas?

Las respuestas recibidas en esta instancia de taller se presentan de manera descriptiva y colaboran en la discusión sobre los aprendizajes que han dejado las sequías en los últimos 14 años en los predios analizados.

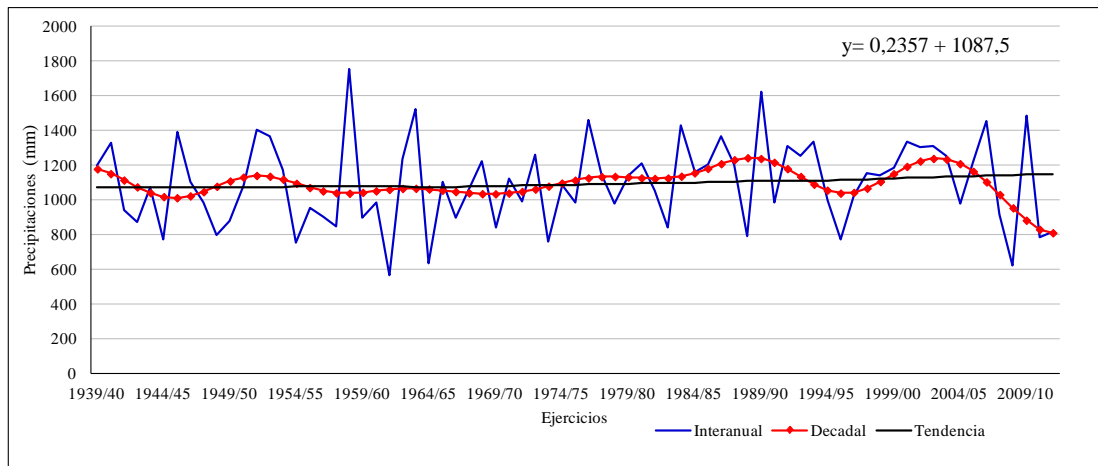
### 3 RESULTADOS

#### 3.1 ANÁLISIS DE LAS PRECIPITACIONES

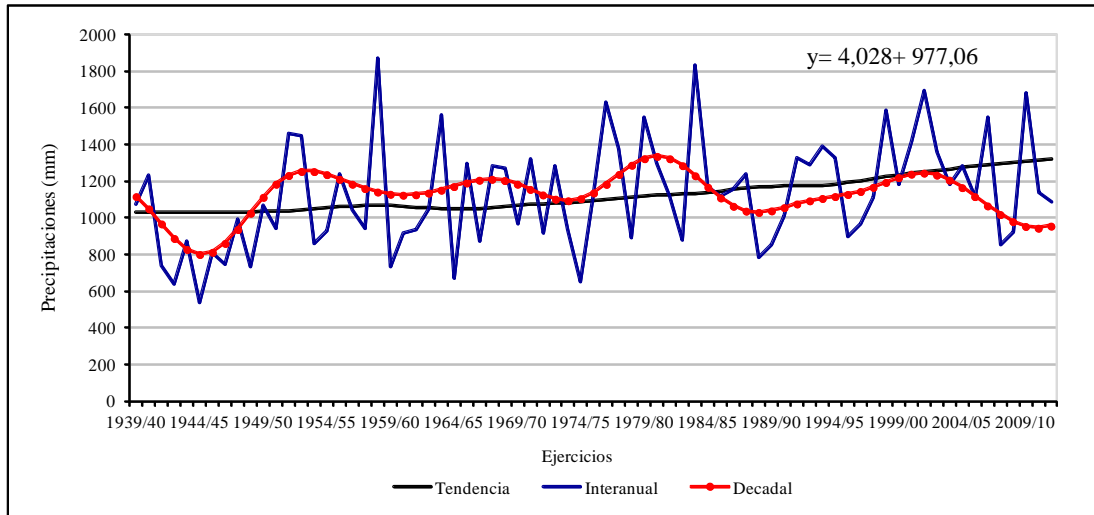
##### 3.1.1 Variabilidad de las precipitaciones período 1939/40-2011/12

En las figuras 8 y 9 se presenta la descomposición de la variabilidad de la precipitación total anual en sus componentes de corto (interanual), mediano (decádico) y largo plazo (tendencias) en los 72 años analizados para las EM de Colonia y Florida.

**Figura 8.** Variabilidad interanual (línea azul), interdecadal (línea roja punteada) y tendencia de largo plazo (línea negra) de las precipitaciones para el Departamento de Colonia período 1939/40- 2011/12.



**Figura 9.** Variabilidad interanual (línea azul), la inter decadal (línea roja punteada) y tendencia de largo plazo (línea negra) de las precipitaciones para el Departamento de Florida período 1939/40- 2011/12.



La importancia relativa de la variabilidad en distintas escalas temporales, en particular la dominancia de la escala interanual; se presenta en el Cuadro 4 cuantificándola a partir del porcentaje de la varianza total de la precipitación por localidad y horizonte temporal.

**Cuadro 4.** Porcentaje de la varianza total de la precipitación explicada por la Variabilidad de largo plazo (tendencia), variabilidad interdecadal y variabilidad interanual para los departamentos de Colonia y Florida en el período 1939/40- 2011/12

Porcentaje Varianza Total	Florida	Colonia
Tendencia	1%	9%
Interdecadal	12%	16%
Interanual	88%	74%

El análisis de la variabilidad muestra que la varianza de la precipitación explicada tanto por la variabilidad decadal como de largo plazo fue mayor para el departamento

de Colonia que para Florida. Por otro lado, la variabilidad interanual en el régimen de las precipitaciones es mayor en Florida.

Para el departamento de Colonia, la tendencia a largo plazo en el régimen de precipitaciones anual en el período analizado no es significativa ( $p=0,3491$ ). El año en el cual se registró la mayor precipitación fue el 1958/59 con 1755mm anual y en el que se registró menos precipitación fue el 1961/62 con 569mm.

Para el departamento de Florida, la tendencia a largo plazo sí es significativa ( $p=0,0023$ ) y el aumento asociado a dicha tendencia representa un aumento de 4,02 mm/año en los últimos 72 años. El año en el que se registró mayor precipitación fue el 1958/59 con 1870 mm y el de menor registro 1944/45 con 537 mm

## 3.2 ANÁLISIS DE LAS DEFICIENCIAS HIDRICAS

### 3.2.1 Tendencias del déficit hídrico en primavera y verano para el período 1939/40-2011/12

En la Cuadro 5 muestra los resultados del test de Mann-Kendall donde se evaluó las existencias de tendencias ocurrencia de déficit hídrico (1-IBH) en primavera y verano para las distintas unidades de suelo de los departamentos de Colonia y Florida.

**Cuadro 5.** Valor de ( $p>\alpha$ ) obtenido con el test de Mann – Kendall para los meses de déficit hídrico de primavera y verano para los departamentos de Colonia y Florida y para las unidades de suelo San Gabriel y Ecilda Paullier.

	Primavera	Verano
Colonia EP	0,52 <sup>(-)</sup>	0,027 <sup>(-)</sup>
Colonia SG	0,47 <sup>(-)</sup>	0,017 <sup>(-)</sup>
Florida SG	0,03 <sup>(-)</sup>	0,003 <sup>(-)</sup>

(-) tendencia de disminución de déficit hídrico

En la primavera para el departamento de Colonia los resultados indican para ambas unidades de suelo que no existe una tendencia significativa en el comportamiento de las deficiencias hídricas en el período 1939/40-2011/12. Sin embargo, en la primavera para el departamento de Florida y en el verano en ambos departamentos y las dos unidades de suelo se observó una tendencia significativa a una disminución de las deficiencias hídricas

A modo de resumen, los resultados indican que existe una tendencia estadísticamente significativa de disminución de las deficiencias hídricas para el verano en ambos departamentos y para la primavera en el departamento de Florida.

### **3.2.2 Sequías agronómicas en los ejercicios comprendidos entre 1939/40 a 2011/12**

Cómo se mencionó anteriormente, para caracterizar un ejercicio con sequía agronómica se consideró que el mismo debía presentar al menos tres meses consecutivos con valores de IBH por debajo de 0,5. Una vez identificados dichos ejercicios para estimar la duración utilizó el término período de escasez hídrica el cual se definió como aquel período con IBH inferior a 0,80 que antecede y/o sucede a la secuencia de por lo menos 3 meses con IBH inferior a 0,50 ( $0,8 > IBH \leq 0,50$ )

En el Cuadro 6 se presenta la Probabilidad de ocurrencia de ejercicios con sequía agronómica y el Período de Retorno de las mismas en distintas localidades, unidades de suelo y duración.

**Cuadro 6.** Probabilidad y Período de Retorno de ejercicios con sequía agronómica y con 4 o más meses de duración para Florida y Colonia (período 1939/40 a 2011/12)

	Probabilidad de ocurrencia %			Período de Retorno (años)		
	Florida San Gabriel	Colonia San Gabriel	Colonia Ecilda Paullier	Florida San Gabriel	Colonia San Gabriel	Colonia Ecilda Paullier
ejercicios con sequia agronimica	36,1	29,0	28,0	2,8	3,0	4,0
4 meses o mas meses consecutivos	27,8	16,7	16,7	3,6	5,9	5,9

De acuerdo con los resultados, se observa que la probabilidad de ocurrencia de períodos con sequía y período de retorno varía según localidad y unidad de suelo.

La probabilidad de ocurrencia de un ejercicio con sequía es de 36,1% para Florida SG, 29% para Colonia SG y 28% para Colonia EP. Es decir cada 2 años y 8 meses en Florida SG, cada 3 años en Colonia EP y cada 4 años en Colonia EP se presenta un ejercicio con sequía agronómica.

Ejercicios con 4 meses y más de escasez hídrica se repiten cada 3 años y 6 meses en Florida SG, y cada 5 años y 9 meses en Colonia SG y Colonia SG.

Otro aspecto analizado fue la probabilidad de ocurrencia y período de retorno de al menos 2 ejercicios consecutivos con sequía agropecuaria en primavera y verano para Florida SG, Colonia EP y Colonia SG (Cuadro 7).

**Cuadro 7.** Probabilidad de ocurrencia y período de retorno de al menos 2 ejercicios consecutivos con sequía agropecuaria en primavera y verano para Florida y Colonia en los 72 años de estudio

	Porcentaje de ocurrencia			Período de Retorno (años)		
	Florida San Gabriel	Colonia San Gabriel	Colonia Ecilda	Florida San Gabriel	Colonia San Gabriel	Colonia Ecilda
Ejercicios consecutivos con sequia agronimica	12,5	4,2	1,4	7,7	25,0	71,4

Cómo se observa en el Cuadro 7, la probabilidad y período de retorno de que exista al menos 2 años seguidos con sequía varió según departamento y unidad de suelo. En



el caso de Florida SG fue de 12,5% y el período de retorno de 7,7 años, en Colonia SG la probabilidad fue de 4,2% y el período de retorno de 25 años y en Colonia EP fue de 1,4 % es decir, cada 71 años y 4 meses se produce al menos 2 años seguidos con sequía agronómica en primavera y verano.

### **3.3 ANÁLISIS DE LAS SEQUÍAS AGRONOMICAS DEL PERIODO 1998/99- 2011/12**

En la Figura 10 se presenta la caracterización mensual según el IBH para el período 1998/99 - 2011/12 para los tres sitios analizados.

Los colores en blanco representan meses donde el agua no fue limitante para el crecimiento vegetal ( $IBH \geq 0,80$ ). En gris claro aparecen los meses en los cuales se restringe el suministro de agua y se comienza a resentir el crecimiento vegetal ( $0,80 > IBH \geq 0,50$ ), este rango permite calcular la duración de la escasez hídrica en un ejercicio con sequía agronómica. En gris oscuro se representan aquellos meses en los cuales comienzan a aparecer síntomas de estrés hídrico con pérdidas importantes de biomasa ( $IBH \leq 0,50$ ).

En la serie de ejercicios analizados para los departamentos de Colonia y Florida se destacan las sequías agronómicas de los ejercicios 1999/2000, 2008/2009, y 2010/2011 con distintas intensidades y períodos de escasez hídrica ( $IBH < 0,8$ ).

Las características de la escasez hídrica del ejercicio 1999/2000 se detalló en el apartado anterior. El ejercicio con sequía anterior más cercano en el tiempo para Colonia SG y Florida SG fue el ejercicio 1988/1989. En el caso de Colonia SG se prolongó por 4 meses (noviembre a febrero) y en Florida SG por 5 meses (noviembre a marzo). En Colonia EP el período más cercano fue el ejercicio 1994/1995 con 4 meses de escasez hídrica (noviembre a febrero).

La duración de la escasez hídrica del ejercicio 2008/2009 y la intensidad varió según departamento. En Colonia la duración fue de 6 meses durante el período agosto a enero, en Colonia SG el mes de mayor intensidad fue enero con  $IBH=0,14$  y en Colonia EP también fue enero con  $IBH=0,15$ . Para el caso de Florida, el período de

escasez hídrica se prolongó por 4 meses, el mes con mayor intensidad fue diciembre con  $IBH=0,13$ . Respecto al antecedente de ejercicio con sequía, en Florida el ejercicio 2007/2008 presentó con 6 meses de escasez hídrica (diciembre a marzo). En Colonia SG y EP el ejercicio anterior fue 1999/2000 con las características reportadas anteriormente. No obstante se considera importante señalar que en Colonia el ejercicio 2007/2008 presentó 3 meses con escasez hídrica (noviembre a enero). A nivel de discusión se analizará este aspecto más en profundidad.

Finalmente, en el ejercicio 2010/2011 la duración de la escasez hídrica y la intensidad de la misma variaron según departamento y tipo de suelo. En Colonia SG duró 6 meses (octubre-marzo), el mes con mayor intensidad fue diciembre ( $IBH=0,21$ ). En Colonia EP, la duración fue de 5 meses (noviembre-marzo) el mes con mayor intensidad fue diciembre ( $IBH=0,28$ ). Para Florida, la duración fue 8 meses (octubre-mayo), siendo el mes de mayor intensidad diciembre con  $IBH= 0,38$ . A diferencia de la sequía 2008/2009, esta sequía tuvo la particularidad de contar con un ejercicio anterior (2009/2010) en el que no se registraron meses consecutivos con  $IBH<0,80$  en primavera y verano. Más adelante se discutirá el impacto en sistemas lecheros.

**Figura 10** Tipificación de meses según IBH, para los departamentos de Colonia y Florida para los ejercicios 1998/99 a 2011/12.

Ej	Mes	COLONIA		FLORIDA	Ej	Mes	COLONIA		FLORIDA	Ej	Mes	COLONIA		FLORIDA	Ej	Mes	COLONIA		FLORIDA	Ej	Mes	COLONIA		FLORIDA	
		San Gabriel	Ecilda P.	San Gabriel			San Gabriel	Ecilda P.	San Gabriel			San Gabriel	Ecilda P.	San Gabriel			San Gabriel	Ecilda P.	San Gabriel			San Gabriel	Ecilda P.	San Gabriel	
1998/1999	7	1,00	1,00	1,00	2001 / 2002	7	1,00	1,00	1,00	2004 / 2005	7	1,00	1,00	0,92	2007 / 2008	7	0,93	0,95	0,75	2010 / 2011	7	1,00	1,00	1,00	
	8	0,62	0,61	0,92		8	1,00	1,00	1,00		8	1,00	1,00	1,00		1,00	8	1,00	1,00		1,00	8	0,88	0,92	1,00
	9	0,71	0,73	0,95		9	0,92	0,95	0,96		9	0,95	0,96	1,00		1,00	9	1,00	1,00		1,00	9	1,00	1,00	1,00
	10	<b>0,43</b>	<b>0,47</b>	0,74		10	1,00	1,00	1,00		10	0,92	0,94	1,00		1,00	10	1,00	1,00		1,00	10	0,78	0,84	0,80
	11	0,80	0,81	1,00		11	1,00	1,00	1,00		11	0,72	0,78	0,98		0,98	11	0,67	0,65		0,81	11	<b>0,40</b>	<b>0,48</b>	<b>0,50</b>
	12	0,94	0,95	1,00		12	0,56	0,65	0,77		12	<b>0,49</b>	0,57	0,61		0,61	12	<b>0,27</b>	<b>0,37</b>		<b>0,49</b>	12	<b>0,21</b>	<b>0,28</b>	<b>0,38</b>
1999 / 2000	1	0,70	0,72	1,00	2002 / 2003	1	0,62	0,67	0,81	2005 / 2006	1	0,98	0,98	0,83	2008 / 2009	1	0,54	0,58	0,72	2011/2012	1	<b>0,50</b>	<b>0,50</b>	<b>0,41</b>	
	2	1,00	1,00	1,00		2	0,53	0,58	<b>0,38</b>		2	<b>0,26</b>	<b>0,32</b>	0,65		2	0,86	0,87	0,55		2	0,55	0,61	0,66	
	3	1,00	1,00	1,00		3	1,00	1,00	1,00		3	0,92	0,92	<b>0,27</b>		3	0,93	0,94	<b>0,35</b>		3	0,54	0,55	0,62	
	4	0,80	0,85	0,96		4	1,00	1,00	1,00		4	1,00	1,00	1,00		4	<b>0,28</b>	<b>0,31</b>	<b>0,17</b>		4	1,00	1,00	0,62	
	5	0,90	0,93	0,75		5	1,00	1,00	1,00		5	1,00	0,99	1,00		1,00	5	1,00	1,00		<b>0,36</b>	5	1,00	1,00	0,55
	6	0,96	0,97	1,00		6	1,00	1,00	1,00		6	1,00	1,00	1,00		1,00	6	1,00	1,00		0,93	6	1,00	1,00	0,85
2000 / 2001	7	1,00	1,00	1,00	2003 / 2004	7	1,00	1,00	1,00	2006 / 2007	7	1,00	1,00	1,00	2009 / 2010	7	1,00	1,00	1,00	Referencias	7	1,00	1,00	1,00	
	8	1,00	1,00	1,00		8	0,99	1,00	1,00		8	1,00	1,00	0,92		8	0,69	0,63	1,00		8	0,93	0,78	0,95	
	9	0,96	0,97	0,92		9	1,00	1,00	1,00		9	0,98	0,99	1,00		1,00	9	0,51	<b>0,49</b>		0,86	9	0,53	<b>0,33</b>	0,65
	10	<b>0,49</b>	0,62	0,71		10	0,90	0,93	1,00		10	0,76	0,82	0,83		0,83	10	0,69	0,69		0,52	10	0,88	<b>0,48</b>	0,91
	11	<b>0,27</b>	<b>0,38</b>	<b>0,49</b>		11	1,00	1,00	0,97		11	0,58	0,66	<b>0,47</b>		<b>0,47</b>	11	<b>0,34</b>	<b>0,36</b>		<b>0,29</b>	11	0,73	0,89	0,78
	12	<b>0,50</b>	<b>0,50</b>	<b>0,50</b>		12	1,00	1,00	1,00		12	<b>0,27</b>	<b>0,35</b>	<b>0,48</b>		<b>0,48</b>	12	<b>0,27</b>	<b>0,29</b>		<b>0,13</b>	12	<b>0,42</b>	<b>0,45</b>	<b>0,48</b>
2001 / 2002	1	<b>0,27</b>	<b>0,30</b>	<b>0,06</b>	2004 / 2005	1	0,71	0,78	0,69	2007 / 2008	1	1,00	1,00	1,00	2010 / 2011	1	<b>0,14</b>	<b>0,15</b>	<b>0,42</b>	Referencias	1	<b>0,34</b>	0,34	<b>0,38</b>	
	2	<b>0,33</b>	<b>0,34</b>	0,69		2	1,00	1,00	0,79		2	0,91	0,87	0,57		2	1,00	1,00	1,00		2	1,00	0,95	1,00	
	3	0,75	0,76	0,62		3	0,99	1,00	<b>0,42</b>		3	1,00	1,00	1,00		3	0,99	0,98	1,00		3	0,96	0,76	0,95	
	4	1,00	1,00	1,00		4	0,92	0,95	<b>0,37</b>		4	0,93	0,94	0,73		4	0,77	0,67	0,55		4	0,76	<b>0,33</b>	0,73	
	5	1,00	1,00	1,00		5	1,00	1,00	1,00		5	0,73	0,80	<b>0,24</b>		<b>0,24</b>	5	<b>0,40</b>	<b>0,35</b>		1,00	5	1,00	<b>0,35</b>	1,00
	6	1,00	1,00	1,00		6	1,00	1,00	1,00		6	1,00	1,00	1,00		1,00	6	1,00	1,00		1,00	6	0,85	<b>0,48</b>	0,74

### 3.4 DESCRIPCION DE LA BASE DE DATOS DE LOS PREDIOS PARA EL PERIODO 1998/99 AL 2011/12

Se presenta a continuación las variables consideradas para el análisis, sus valores promedios, mínimos, máximos, coeficiente de variación y tasa de crecimiento anual.

**Cuadro 8.** Valores promedios, mínimos, máximos tasa de variación anual y desvío de las variables analizadas.

Variable	Unidades	Promedio	Min	Max	Coficiente Variación	Tasa Crecimiento anual
Superficie Pastoreo Lechero	ha SPL	500	400	566	9,50%	2,32%
Producción anual	Litros	1805075	1203734	2899399	29,30%	6,96%
Vaca Masa	número	308	218	393	18,30%	4,46%
Productividad	litros/ha SPL	3688	2887	5294	17,70%	3,98%
Carga	VM/ha SPL	0,62	0,56	0,72	8,40%	1,87%
Productividad por VM	litros/VM	5813	4966	7304	10,40%	2,20%
VO/VM		0,83	0,80	0,87	3,10%	0,39%
Concentrado por VM	kg conc/VM	1481	1307	1617	8,30%	2,01%
Concentrado por litro	conc g/litro	251	153	344	21,70%	3,49%
Producto Bruto Leche	U\$\$/ha Sup Util	775	283	1803	59,60%	12,90%
Precio por litro	Cv U\$\$/litro	21,8	10,0	38,3	42,0	0,02%
Gasto Pasturas	U\$\$/ha Sup Util	95	39	182	51,80%	11,73%
Gastos variables	U\$\$/ha Sup Util	591	243	1311	57,70%	12,43%
Margen	U\$\$/ha Sup. Util	329	148	472	27,90%	0,81%

La superficie promedio de los 14 predios en estudio fue de 500 ha con un mínimo de 400 ha y máximo de 566 ha. Como se mencionó anteriormente aquellos predios que presentaron grandes variaciones de área en el período analizado (mayores al 10%) fueron descartados para que no interfirir en la interpretación de los datos.

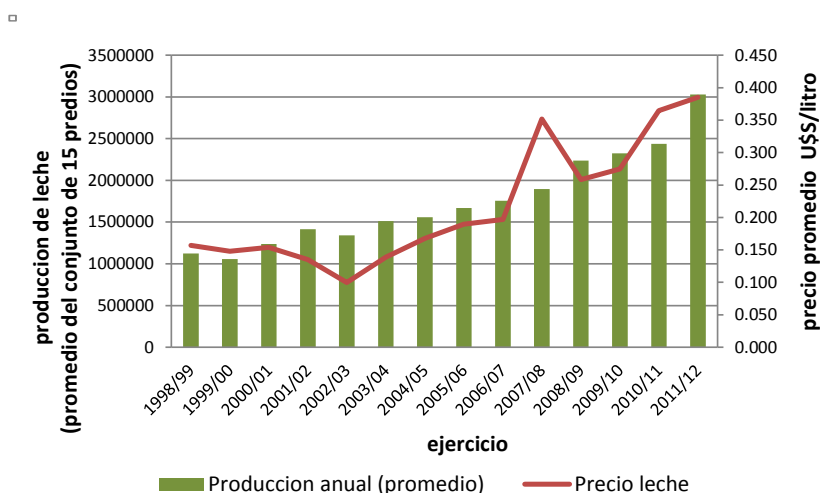
La producción de leche (litros) ha ido en continuo aumento en el período de estudio llegando a su máximo en el 2011/12 con 2899399 litros, siendo la tasa de crecimiento anual promedio de 6,96 %

La productividad (litros/ha SPL) también ha ido en aumento con una tasa de crecimiento anual de 3,98 %, dicho aumento se ha dado por un aumento en la Carga animal que aumento de 0,56 VM/ha SPL en el 1998 a 0,72 VM/ha SPL en el 2011 y a un aumento en la producción por Vaca Masa que pasó de 4966 litros/VM en el 2002 a 7305 litros/VM en el 2011. Este comportamiento coincide con la evolución de la lechería en todo el país.

En lo que refiere a las variables económicas, entre los ejercicios 1998/1999 y 2002/2003 se registraron los valores mínimos de Ingreso de Capital, asociado al bajo precio de la leche, en contra partida el año 2011 fue el que logro mayores valores.

En la Figura 10 se observa la evolución del precio promedio recibido a los productores de los establecimientos analizados en el período en estudio, el precio promedio del período fue de 0,22U\$\$/litro, el precio mínimo se registró en el 2002 con un valor de 0,10 U\$\$/litro y el máximo en el 2011 con 0,38U\$\$/litro. Se destaca en la serie en estudio el comportamiento del precio en el ejercicio 2007/2008 y 2008/2009. En el ejercicio 2007/2008 el precio promedio de la leche fue de 0,37 U\$\$/litro lo cual representa un crecimiento del 47% respecto al ejercicio anterior, por su parte en el ejercicio 2008/2009 el precio de la leche decreció un 43% con respecto al ejercicio anterior llegando a un valor promedio de 0,25 U\$\$/litro.

**Figura 11.** Evolución del precio de la leche (U\$\$/litro) y de la producción anual de leche (promedio anual para el conjunto de los 14 predios analizados)



### **3.5 ANALISIS DE LA VARIACION DE LA PRODUCCION DE LECHE**

En el cuadro 9 se muestran los Variación de Producción de Leche (VarPL) para la producción total de litros por ejercicio de cada predio analizado. Valores próximos a 0 indican que la producción de leche observada del ejercicio fue similar a la predicha, valores por debajo de 0 indican que se produjo menos de lo predicho y valores por encima de 0 indican que la producción fue mayor a la predicha.

En gris se observan aquellos ejercicios que se identificaron con sequía agronómica de la serie analizada, esto son los ejercicios 1999/200, 2008/2009 y 2010/2011. Para esos ejercicios el promedio de la variación de leche es nula o positiva con respecto a lo esperado. Sin embargo, la variable VarPL para la producción total de litros por ejercicio de cada predio, aparece con valores negativos en los ejercicios posteriores a la sequía: 2000/2001 y 2009/20010 (-0,05 y -0,69 en promedio respectivamente). Este resultado estaría indicando un efecto residual del ejercicio de sequía (1999/2000 y 2008/2009) en los resultados productivos de los ejercicios inmediatamente posteriores al evento.

El ejercicio 2010/2011 mostró otro tipo de comportamiento, donde para el ejercicio siguiente (2011/12) la VarPL fue de 1,13. Este aspecto será analizado más adelante.

En este trabajo se analizará en particular el efecto de la sequía 2008/2009 por disponerse de mayor información del conjunto de los predios analizados. Dado que al analizar la producción de leche esperada (VarPL) se observó un efecto residual en el ejercicio siguiente, se analizaran las variables productivas y económicas del ejercicio 2009/2010.

**Cuadro 9.** Variación de la producción total de leche para los predios analizados y promedio por ejercicio para el período 1998/99–2011/12

<b>Ejercicio</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>Promedio ejercicio</b>
<b>1998/1999</b>	-0,42	1,86	0,98	2,24	0,00	3,78	0,46	2,76	-1,19	0,84	1,67	1,93	sd	1,53	1,12
<b>1999/2000</b>	-1,65	0,40	-0,08	2,04	0,33	-0,38	-0,41	0,90	-1,06	-0,02	-0,93	1,73	11,63	0,45	0,86
<b>2000/2001</b>	-2,18	-0,16	-0,41	0,32	0,41	-0,11	-1,79	0,24	0,36	-0,60	-0,11	1,15	3,01	-1,06	-0,05
<b>2001/2002</b>	3,52	1,12	0,36	0,20	1,42	-0,28	-0,24	0,01	0,70	-1,19	-0,27	0,60	0,05	1,45	0,51
<b>2002/2003</b>	1,23	-0,39	0,43	-0,43	-0,19	-0,95	-0,13	-3,50	0,50	-1,00	-1,55	-3,12	-2,06	0,08	-0,78
<b>2003/2004</b>	0,46	-1,00	0,50	-0,55	0,11	-0,73	0,76	-2,40	0,69	0,51	0,40	-0,47	-1,78	-0,71	-0,20
<b>2004/2005</b>	-0,72	-0,93	-0,29	-2,23	-0,58	0,33	1,36	-0,80	0,57	1,12	0,93	-0,67	-2,07	-0,59	-0,19
<b>2005/2006</b>	-0,55	-1,14	-1,05	-2,19	-1,24	-0,80	0,56	0,66	0,66	0,72	-0,23	-0,52	-2,98	-0,73	-0,64
<b>2006/2007</b>	-0,64	-1,24	-0,76	-1,02	-0,90	-1,11	-0,81	1,23	-0,21	0,19	0,89	-1,42	-3,04	-0,86	-0,61
<b>2007/2008</b>	0,05	0,02	0,05	-0,54	-1,38	-1,21	0,64	0,75	-0,27	0,45	0,55	0,04	-3,52	-1,13	-0,42
<b>2008/2009</b>	1,37	0,37	0,86	1,02	1,22	-1,39	-0,14	2,59	0,26	0,13	-1,20	0,40	-0,08	0,28	0,33
<b>2009/2010</b>	-1,02	-0,39	-1,15	0,26	0,87	-1,22	-0,43	-4,62	-1,04	-0,74	-0,89	-0,30	0,30	0,69	-0,69
<b>2010/2011</b>	0,44	0,24	-0,11	-0,13	-0,66	1,85	-0,18	1,41	-0,54	-0,89	-0,06	0,17	1,11	0,99	0,26
<b>2011/2012</b>	-0,32	1,49	1,02	1,75	0,78	2,43	0,00	0,95	0,48	0,47	0,89	1,34	3,43		1,13

### **3.6 ANALISIS CORRELACION ENTRE LAS PRINCIPALES VARIABLES Y LA PRODUCCION DE LECHE PARA EL EJERCICIO 2009/2010**

En el Cuadro 10 se presenta el análisis de correlación entre las variables técnico-productivas y económicas analizadas para los 14 predios.

Como se observa, la variable VarPL presentó correlaciones con las variables de uso de concentrado expresado por gramos por litro de leche ( $r=0.60$ ,  $p<0.05$ ) a mayor uso de concentrado por litro, mayor VarPL.

Las variables económicas gastos variables ( $r=0,82$   $p<0,05$ ) y gastos de pasturas y cultivos ( $r=0,68$   $p<0,05$ ) presentaron correlación alta y positiva con PBL, por lo cual a mayor gasto de pasturas y mayor gastos variables, mayor PBL. Con respecto al PBL, las variables productivas que presentaron correlación alta y positiva fueron litros/haSPL ( $r=0.92$   $p< 0,05$ ) y VM/haSPL ( $r=0,91$   $p< 0,05$ ), las cuales a su vez presentaron una correlación alta y positiva entre ellas ( $r=0,92$   $p= 0,05$ ). Por último, el Margen Bruto (PBL-Gastos Variables) presentó una correlación positiva y alta con concentrado/VM ( $r=0,72$   $p<0,005$ ). Cabe destacar, que el Margen Bruto no presentó correlación con la VarPL, ni con las variables económicas, mostrando que su variación no está asociada a la variación de las mismas.



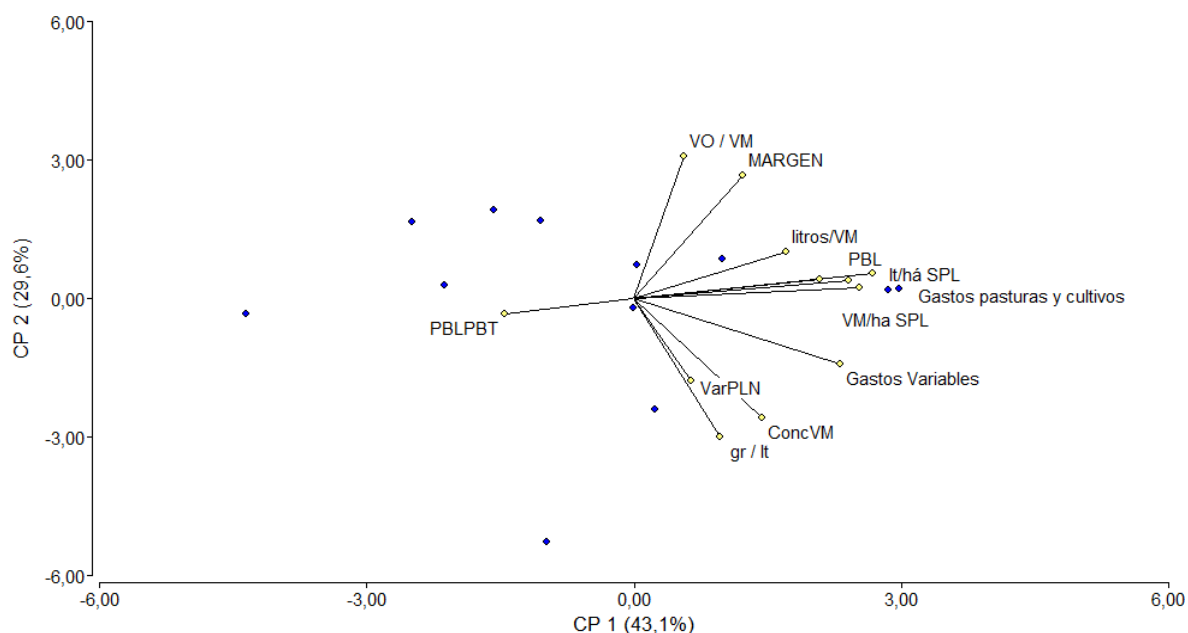
**Cuadro 10.** Coeficiente de correlación de Pearson (r, debajo de la diagonal) y rango de significancia (p, arriba de la diagonal)

Variables	VarPL	litros/haSPL	VM/haSPL	litros/VM	VO/VM	Concentrad o por VM	Concentrad o por litro	PBL	Gasto pasturas	Gastos variables	Margen
VarPL		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
litros/haSPL	0,25		<0,05	<0,05	NS	NS	NS	<0,05	<0,05	NS	NS
VM/haSPL	0,16	0,92		NS	NS	NS	NS	<0,05	<0,05	NS	NS
litros/VM	0,32	0,67	0,35		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
VO/VM	-0,41	0,20	0,16	0,24		NS	<0,05	NS	NS	NS	NS
Concentrado por VM	0,16	-0,07	-0,05	-5E-03	0,38		NS	NS	NS	NS	<0,05
Concentrado por litro	0,6	0,25	0,32	-2E-03	-0,76	-0,32		NS	NS	NS	NS
PBL	0,18	0,92	0,91	0,53	0,18	-0,19	0,26		<0,05	<0,05	NS
Gasto Pasturas	0,1	0,77	0,69	0,49	0,08	-0,30	0,25	0,68		<0,01	NS
Gastos variables	-0,34	0,83	0,80	0,45	-0,26	-0,25	0,54	0,82	0,72		NS
Margen	-0,04	0,18	0,13	0,24	0,29	0,72	-0,13	-0,07	-0,09	-0,15	

### 3.7 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES DEL EJERCICIO 2009/2010

La siguiente figura presenta el biplot generado a partir de las 10 variables analizadas para el ejercicio 2009/2010

**Figura 12.** Biplot representando los componentes principales CP1, CP2 para las variables productivas y económicas analizadas para los 14 predios (ejercicio 2009/2010)



La variabilidad total explicada por los dos ejes es 72%. El CP1 explica el 43% de la variabilidad mientras que el CP2 el 29%. La correlación Cofenética fue de 0.926. El Cuadro 11 muestra los Autovectores que corresponden a cada componente principal

**Cuadro 11.** Valores de los autovectores del biplot generado a partir del análisis las variables productivas y económicas analizadas para los 14 predios (ejercicio 2009/2010)

<b>Variables descriptivas</b>	<b>Unidades</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>
VarPL		0,10	-0,29
Productividad	litros/haSPL	0,43	0,09
Carga	VM/haSPL	0,40	0,04
Productividad por VM	litros/VM	0,27	0,16
VO/VM		0,09	0,49
concentrado por VM	kgconc/VM	0,23	-0,41
Concentrado por litro	concgr/litro	0,15	-0,48
PBL	U\$\$/haÚtil	0,38	0,06
Gasto Pasturas	U\$\$/haÚtil	0,33	0,07
Gastos variables	U\$\$/haÚtil	0,37	-0,23
Margen	U\$\$/haÚtil	0,19	0,42

Correlación cofenética= 0.911

El CP1 está compuesto por las variables de productividad (litros/haSPL, VM/haSPL, concentrado/VM) y las variables económicas asociadas a productividad (PBL, gastos variables, gastos pasturas y cultivos) con VarPL positiva.

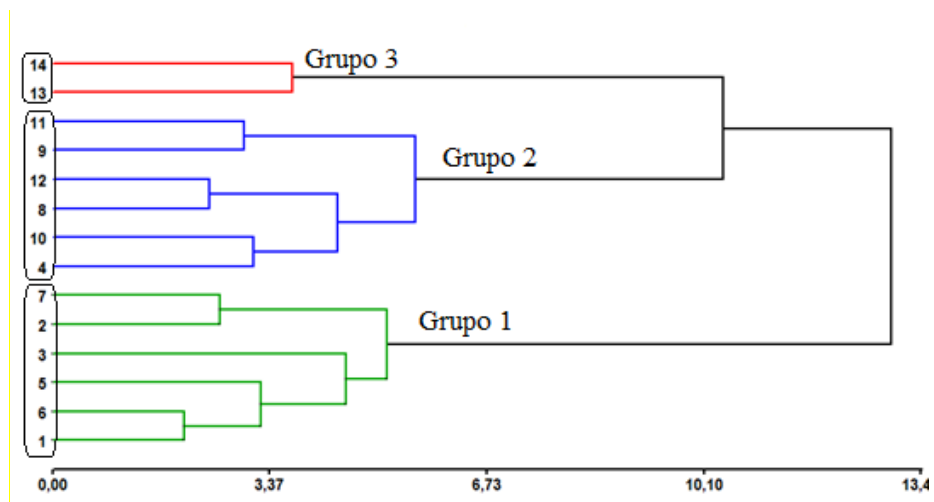
El CP2 está compuesto principalmente por variables de eficiencia del proceso productivo (VO/VM, concentrado/VM y concentrado por litro) con VarPL negativa y un peso mayor y positivo de Margen Bruto.

### 3.8 ANALISIS DE CONGLOMERADOS (2009/2010)

Para las variables incluidas en el ACP se realizó un análisis de conglomerados para analizar el agrupamiento de las mismas, según el método de Ward, el cual une grupos considerando que la variabilidad entre ellos sea mínima.

En la Figura 13 se presenta el dendograma donde se identifican 3 grupos y en el cuadro 12 se muestran los valores promedios para cada grupo para el ejercicio 2009/2010.

**Figura 13** Dendograma generado a partir del análisis de conglomerados de los predios en estudio



**Cuadro 12.** Variables técnico-productivas y económicas de cada grupo identificado en el análisis de conglomerado (ejercicio 2009/2010)

Variables	Unidades	Grupos		
		1	2	3
n		6	6	2
VarPL		-1,37	-0,67	0,57
Superficie Util	has	477	504	1195
Superficie Lechera	has	438	424	1112
S.Lechera / S.Util		0,92	0,84	0,93
Productividad	litros/haSPL	3395	5276	3566
Carga	VM/haSPL	0,56	0,85	0,63
Productividad por vaca	litros/VM	5975	6302	5723
VO/VM		0,85	0,85	0,77
concentrado por VM	kgconc/VM	1289	1820	2487
Concentrado por litro	concgr/litro	216	288	433
Producto Bruto Leche	U\$\$/haSPT	878	1235	903
PBL/PBT		0,84	0,77	0,82
Gasto pasturas	U\$\$/haSPUtil	93	158	112
Gastos variables	U\$\$/haSPUtil	569	1035	1039
Margen	U\$\$/haSPUtil	488	538	97

El Grupo 1, constituido por 6 tambos fue el que produjo menos leche de la esperada (VarPL = -1.31), sin embargo el Margen Bruto fue intermedio. El PBL es relativamente bajo, también lo son los gastos variables de producción, asociados a menores gastos en concentrados (bajo suministro de concentrado/VM) y gastos de pasturas. Se estima que la dieta de los animales tiene una alto componente pastoril, ya que es el grupo que utiliza menos concentrado (1289 kgconc./VM) con buena eficiencia de uso (216 g/litro). Si bien la carga es baja (0,56 VM/ha), presenta buenos niveles de producción por VM (5975 litros/VM). En este ejercicio, este es el grupo más especializado en producción de leche ya que el 84% de la producción bruta tuvo este origen.

El Grupo 2, constituido por 6 tambos, presentó una producción de leche un poco menor a la esperada (VarPL = -0,67), siendo en este caso el Margen Bruto mayor en comparación a los otros dos grupos. Este grupo es el más intensivo desde el punto de vista productivo (5276 litros/ha SPL), con una carga de 0,85 VM/ha y alta

producción por vaca, que en este ejercicio resultó en 6302 litros de leche/VM. Sin embargo, esta producción estuvo asociada a altos gastos variables principalmente por un alto gasto en concentrado (1820 kgconc./VM) y altos gastos de pastura en comparación con el Grupo 1. Es el grupo que presenta menor relación PBL/PBT (77%), reflejando que existe un aporte de otra actividad al resultado económico global de los predios.

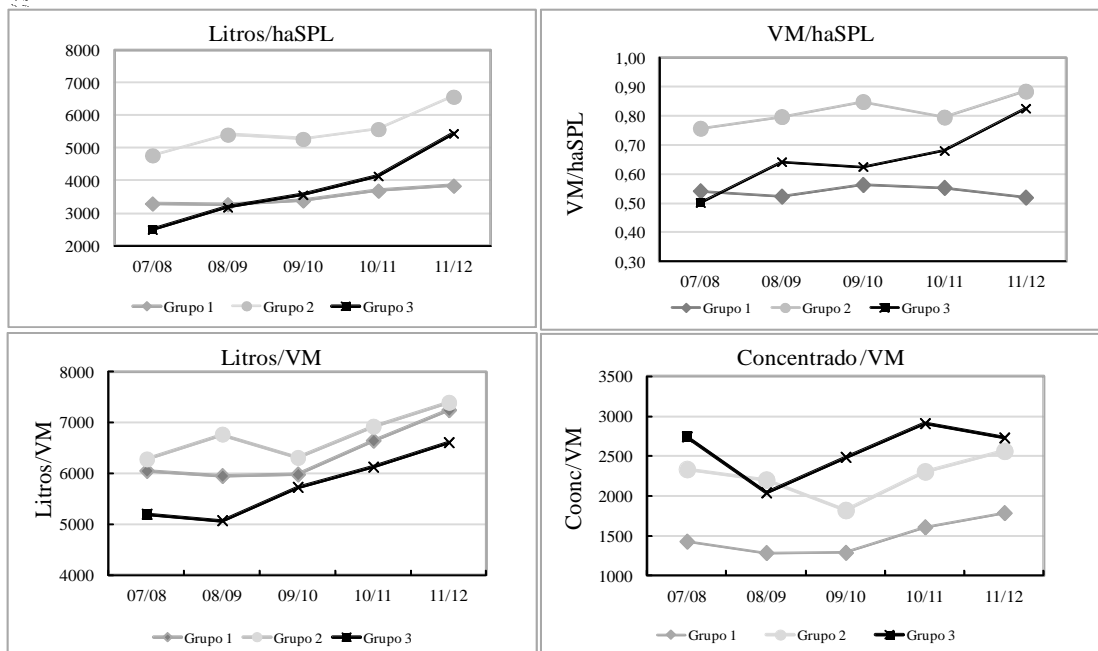
El Grupo 3, constituido por 2 tambos, presentó la mayor producción con respecto a la esperada ( $\text{VarPL} = 0.57$ ). Sin embargo, el Margen Bruto fue el menor en comparación a los otros dos grupos asociado a gastos variables relativamente altos, principalmente en concentrado (2487 kgconc/VM). Este Grupo presenta carga y productividad similar a la del Grupo 1 pero gastó prácticamente el doble en concentrado con una baja eficiencia como se desprende del alto uso de concentrado por litro (433 g/litro). El 82% del producto bruto se obtuvo de la producción de leche.

### **3.9 EVOLUCION DE LAS VARIABLES ANALIZADAS PERIODO 2007-2012**

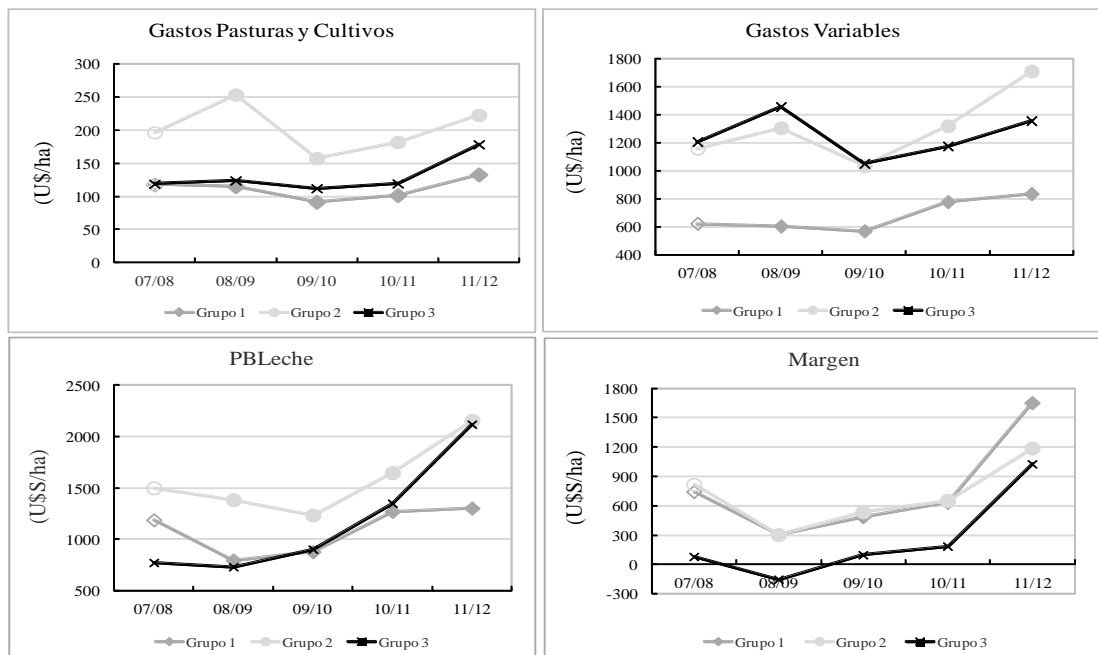
Se analizó la evolución de las principales variables técnico-productivas y económicas en el período 2007 a 2012 para cada uno de los grupos identificados en el análisis de conglomerados.

A continuación se presenta en las Figuras 14 y 15 la evolución de estas variables previo al ejercicio analizado y con posterioridad al mismo para cada uno de los grupos identificados por el análisis de conglomerados.

**Figura 14.** Evolución de variables técnico-productivas de cada grupo de predios para el periodo 2007/2008 al 2011/2012



**Figura 15.** Evolución de variables económicas de cada grupo de predios para el periodo 2007/2008 al 2011/2012



El Grupo 1 presenta una producción de leche anual estabilizada entre los ejercicios 2007/08 al 2009/10, sin modificar la cantidad de vacas/ha (es el Grupo con menor cantidad de vacas/ha) ni la productividad individual, lo cual se logra sin hacer un uso mayor de concentrado por vaca. Esta estrategia le permite mantener los gastos variables relativamente constantes (o algo menores para el ejercicio 2009/10), aunque el PBL se deteriora en 2008/09 asociado a la baja del precio de la leche. A partir del 2009/2010 el margen comienza a recuperarse nuevamente.

El Grupo 2 aumenta la producción en el ejercicio 2008/2009 respecto al anterior 2007/2008. Este aumento se asocia principalmente a una mayor productividad por vaca. Los gastos de pasturas y por lo tanto, los gastos variables aumentaron en este ejercicio y el Margen fue el menor del período graficado. A partir del ejercicio 2009/2010 el margen bruto comienza a mejorar para este grupo.

El Grupo 3, presenta un crecimiento sostenido a partir del 2007/2008, a una tasa mayor a la esperada, sostenida por aumento en la producción por vaca a partir del ejercicio 2008/2009 y un aumento de carga principalmente del ejercicio 2007/2008 al 2008/2009. Este incremento en producción a partir del 2009/2010 está asociado a un suministro alto de concentrados. A nivel económico el gasto de pastura se mantiene relativamente constante aunque el gasto variable se incrementa de manera notoria en 2008/09, arrojando un valor negativo en el margen bruto de ese ejercicio.



## **4 DISCUSIÓN**

### **4.1 ANÁLISIS DE PRECIPITACION Y DEFICIENCIAS HIDRICAS PERÍODO 1939/40-2011/12**

#### **4.1.1 Análisis de las precipitaciones y de las deficiencias hídrica (1939-2012)**

Para los 72 años analizados (1939-2012) en ambos departamentos se observó una tendencia en aumento en las precipitaciones, la misma fue significativa en Florida ( $p=0,0023$ ). El aumento asociado a dicha tendencia representa un aumento de 4,02 mm/año en los últimos 72 años. El año en el que se registró mayor precipitación fue el 1958/59 con 1870 mm y el de menor registro 1944/45 con 537 mm. En el departamento de Colonia, la tendencia en el régimen de precipitaciones anual en el período analizado no fue significativa ( $p=0,3491$ ). El año en el cual se registró la mayor precipitación fue el 1958/59 con 1755 mm anual y en el que se registró menos precipitación fue el 1961/62 con 569 mm. Tanto para Florida como Colonia, se destaca la alta variabilidad interanual expresada como porcentaje de la varianza total de la precipitación. La misma representó el 88% en el departamento de Florida y el 74% en el departamento de Colonia.

Los valores reportados para Colonia coinciden con lo reportado por Rossello (2013), en INIA La Estanzuela (Colonia) con una variabilidad de las precipitaciones interanual de 80%, una variabilidad decadal de 20% y con una tendencia en aumento de las precipitaciones. Este mismo estudio reporta que para los países analizados (Uruguay, Argentina y Chile) la variabilidad decádica de las precipitaciones fue cercana a 20% dando indicios que se puede estar asistiendo a ciclos de varios años de incremento o caída de las precipitaciones según este autor.

Con respecto a las tendencias a largo plazo de las deficiencias hídricas, los resultados indican que existe una tendencia estadísticamente significativa de disminución de las deficiencias hídricas para el verano en ambos departamentos (Colonia EP  $p>0,027$ , Colonia SG  $p>0,017$  y Florida SG  $p>0,003$ ) y para la primavera en el departamento

de Florida ( $p > 0,03$ ). Lo anterior puede explicarse por las mencionadas tendencias de aumento en las precipitaciones para la región. Estas tendencias concuerdan por lo reportado por Cruz et al (2014) donde no existió para primavera y verano una tendencia de aumento de las deficiencias hídricas ni la intensidad de las mismas en los últimos años para los suelos superficiales y medios de Treinta y Tres y de Salto. Por su parte Bidegain et al (2011) observaron tendencias positivas de precipitación acumulada para el período primavera verano en todas las estaciones meteorológicas estudiadas, siendo la mayoría de las tendencias significativas según el test de Mann-Kendall para el período 1930-2010. Giménez et al (2009) también mostraron tendencias de aumento en las precipitaciones en primavera y verano para La Estanzuela, Mercedes y Paysandú en el período 1931-2000. Se podría considerar que mayores precipitaciones en primavera-verano favorecerían el desarrollo de cultivos de verano y de pasturas, no obstante, la gran variabilidad climática existente entre años hace que dichos efectos no se manifiesten todos los años y por tanto lo que más sigue impactando en la producción agropecuaria es la variabilidad climática interanual (Baethgen et al, 2004; Cruz et al. 2007, Giménez 2009).

#### **4.1.2 Probabilidad de ocurrencia de ejercicios con sequía agronómica**

La probabilidad de ocurrencia de ejercicios con sequía agronómica y los períodos de retorno variaron según localidad, según la estación del año analizada y según la unidad de suelo. En Florida SG fue donde se encontró mayor probabilidad de ocurrencia de deficiencia hídrica (36,1%) independiente de la duración de la misma, seguida por Colonia SG donde la probabilidad de ocurrencia de sequía fue de 29%. Finalmente en Colonia EP fue donde se registró la menor probabilidad de ocurrencia de periodos con déficit hídrico (28%). Los suelos de la Unidad San Gabriel por ser más superficiales, poseen menor contenido de agua potencialmente disponible que los de la Unidad Ecilda Paullier de mayor profundidad (Molfino y Califra, 2001) y por tanto es de esperar que a mayor capacidad de almacenaje de agua en el suelo disminuyan los períodos y magnitudes de las deficiencia y los excesos hídricos (Bettolli, 2010). Los resultados concuerdan con lo reportado por Cruz et al (2014)

donde suelos superficiales en las zonas de Salto y de Treinta y Tres, presentaron mayor probabilidad de meses con restricción hídrica para primavera y verano.

La probabilidad de ocurrencia y período de retorno de al menos 2 ejercicios consecutivos con sequía agronómica varió según departamento y unidad de suelo. Según los datos analizados para Florida SG es de esperar que cada 7 años y 7 meses se presente al menos 2 ejercicios consecutivos con sequía agronómica mientras que para Colonia SG este periodo es de 25 años y para Colonia EP es de 71 años y 4 meses. Este análisis responde a la problemática detectada en el estudio “Clima de cambios: Nuevos desafíos de adaptación en Uruguay” (MGAP FAO, 2013), en referencia al impacto de un periodo de primavera-verano con déficit hídrico que, a su vez, es precedido por otro año con similares características. En los períodos de déficit hídricos los predios lecheros realizan un mayor uso de reservas forrajeras para paliar la falta de alimento del rodeo lechero. En este contexto, es de esperar que un año con déficit hídrico precedido por otro de iguales características amplifique el impacto de esta problemática ya que las reservas disponibles fueron consumidas en el ejercicio previo sin posibilidad de reponer el stock para el ejercicio siguiente.

Los cambios en las variables climáticas, han impactado y seguirán impactando en los diversos rubros y formas de producción agropecuaria. Al momento de analizar el impacto de la variabilidad climática en sistemas productivos es relevante además del análisis climático, contar con información sobre la percepción de los productores respecto al clima y sus variaciones. A nivel nacional, hay estudios realizados en producción animal (MGAP FAO 2013, IPA, 2011; Cruz et al, 2007, Albín 2013) donde evalúan la percepción de los productores frente a la variabilidad climática. Estos estudios dejan en evidencia algunas “contradicciones” entre la percepción del sector productivo y las tendencias estadísticas de largo plazo, las cuales dan evidencia de disminución de períodos con déficit hídrico. A nivel de productores, surge una percepción generalizada de un aumento de frecuencia e intensidad de las sequías agronómicas en el sector en los últimos 10 años (MGAP FAO, 2013). Este

aspecto puede tener más relación con la sensibilidad de los sistemas más que con la exposición de los mismos a eventos extremos como la sequía (Cruz et al 2014).

En el contexto de este estudio, el análisis de la variabilidad interanual de las precipitaciones, la probabilidad de ocurrencia de déficit hídrico, el período de retorno de ejercicios con más de 3 meses consecutivos de sequía agronómica y la percepción de los productores sobre estos fenómenos ha sido utilizado como insumo para analizar el impacto y las estrategias de adaptación de 14 predios lecheros a la deficiencia hídrica del ejercicio 2008/2009.

#### **4.2 EVALUACION DE LAS SEQUIAS AGRONOMICAS SOBRE LOS ESTABLECIMIENTOS LECHEROS EN EL PERÍODO RECIENTE (1998/99 AL 2011/2012)**

En los últimos 10 años la sequía agronómica más severa y generalizada fue la del 2008/09 (Vidal, 2012). Las pérdidas de la misma se estiman en un total de 868 millones de los cuales 700 millones de dólares fueron pérdidas directas sufridas por la producción agropecuaria, correspondiendo un 11% a las perdidas imputables a los sistemas de producción lecheros (ARU, 2009).

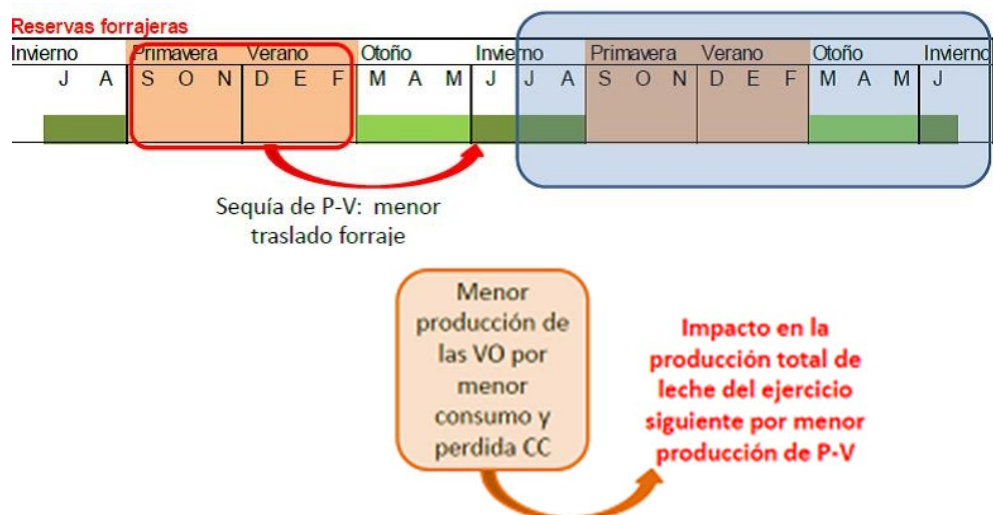
Según Hayman et al (2012), el análisis del efecto de un periodo de déficit hídrico debe analizarse comprendiendo que lo que sucede a determinado nivel del sistema productivo es explicado por un nivel de resolución inferior. En este caso, el efecto inmediato del déficit hídrico tiene impacto sobre el menor crecimiento de pasturas y de forrajes, pero cobra mayor dimensión sobre la producción de leche y los resultados económicos de la unidad de producción. En particular, el efecto será más evidenciable en el ejercicio que sigue al ejercicio donde se produce la sequía.

Según McDonald y Heidler (2010) este efecto residual de la sequía en el ejercicio siguiente está dado por:

- reducción de la cantidad de reservas forrajeras disponibles durante el otoño-invierno siguiente.

- menor condición corporal de las vacas al parto por una reducción en los aportes energéticos durante el final de la lactancia previa, sumado al impacto del estrés calórico al que son sometidos estos animales de alta producción (Nardone et al, 2010; McDonald y Heidler, 2010). Un inicio de lactancia deprimido repercute en el rendimiento total de la lactancia siguiente, impactando en los resultados del ejercicio siguiente (Grainger y Wilhelm 1979) (Figura 16).

**Figura 16.** Efecto residual de una sequía agronómica en los resultados productivos el ejercicio siguiente



En el cuadro 9, el análisis de la variable Variación de Producción de leche (VarPL) para la producción total de litros por año de cada predio, aparece con valores negativos en el ejercicio 2000/2001 y en el ejercicio 2009/2010 (VarPL -0,05 y -0,69 en promedio para el conjunto de predios, respectivamente), indicando una disminución en la producción esperada de leche como consecuencia del ejercicio previo con varios meses consecutivos con déficit hídrico (1999/2000 y 2008/2009).

Como ya se mencionó previamente, en este trabajo se analiza en particular el efecto de la sequía 2008/2009 sobre la producción de leche. El déficit hídrico en la primavera-verano 2008/2009 trajo como consecuencia la disminución en la cantidad

de comida (praderas y reservas forrajeras) que fue compensado a nivel del sistema por un aumento de los gastos en alimento comprado como se evidencia a partir del aumento de los gastos variables en este ejercicio (Figura 15).

Adicionalmente, el análisis de la figura 10 (donde se tipifica los meses según IBH) permite constatar que el ejercicio 2007/2008 fue un ejercicio que presentó también una sequía agronómica para Florida y en el caso de Colonia, si bien no se clasificó como sequía según el criterio utilizado en este trabajo, se observó una primavera y un principio de verano con IBH bajos, que sugiere escasez de agua en el suelo para el óptimo crecimiento de pasturas y cultivos. Esta situación pudo haber agravado la situación productiva de los predios durante la sequía del 2008/2009 ya que en la primavera-verano 2007/2008, la producción de las reservas forrajeras que requieren normalmente los predios para sostener la producción de otoño-invierno siguiente fue menor. Este antecedente amplificó la escasez de forraje observada en el ejercicio 2008/2009 dado que el mismo comenzó con una mayor escasez de alimento producido y menor disponibilidad de pasturas (en superficie y en productividad).

En este sentido, es de destacar que el ejercicio 2010/2011 presentó un período de escasez hídrica de 6 meses (octubre a marzo), que sin embargo no se reflejó en una disminución en la producción de leche ( $\text{VarPL}=0,26$ , cuadro 9). Ello está asociado a que este ejercicio tuvo como antecedente un ejercicio relativamente húmedo (2009/2010), lo cual permitió una producción de reservas excedentarias en primavera-verano y por tanto los predios ingresaron al ejercicio 2010/11 con buena disponibilidad de alimento almacenado como heno o ensilaje, cubriendo así el déficit de forraje en pie.

#### **4.2.1 Impacto de la sequía agronómica del 2008/2009 sobre los resultados productivos y económicos de los tambos**

En función del análisis previo, el impacto de la sequía 2008/2009 se analiza a partir de los resultados técnico productivo y económico del ejercicio 2009/2010.

El análisis de conglomerados permitió separar al conjunto de los 14 tambos en 3 grupos que presentaron características productivas diferentes.

El Grupo 1, constituido por 6 tambos, fue el que presentó la mayor disminución de la producción en relación a la producción proyectada ( $\text{VarPL} = -1.37$ ), pero sin embargo el Margen Bruto no fue tan afectado (-9 % con respecto al grupo 2 con mayor Margen Bruto). Este grupo presenta una estrategia de producción basada en una baja carga (34% menor al grupo 2) pero con una alta producción por vaca (aprox. 6000 litros/VM). La alimentación tiene una baja participación de concentrado (menos de 1289 kg MS/VM), utilizado con muy buena eficiencia (216 g/litro), lo cual es el resultado de una participación del alimento fibroso (pasturas y reservas forrajeras) importante en la dieta de las vacas (Astigarraga 2004). Este manejo permite obtener un buen resultado PBL, con gastos variables relativamente más bajos con respecto a los otros dos grupos. Se podría decir que la principal variable de ajuste de este sistema es su baja carga (Figura 14) pero con una alta eficiencia en el uso de los insumos, en particular en base a una buena producción y utilización del alimento fibroso (pasturas y cultivos). El gasto de pasturas y cultivos representa el 16% de los gastos variables, algo mayor en proporción a los otros dos grupos, pero que es más que compensado por el menor gasto en compra de concentrado. La proporción del gasto en pasturas y cultivos es estable en este grupo a lo largo del periodo 2007/2008 – 2010/2011 (Figura 15), mostrando que la sequía 2008/2009 no afectó particularmente la implantación de pasturas o la persistencia de las mismas en la rotación. En este sentido, utilizando el concepto de la flexibilidad proveniente de las ciencias de la gestión, es posible asimilar el manejo de la carga que hacen estos predios como un margen de maniobra por medio de recursos potencialmente útiles en situaciones imprevistas como la sequía. La mayor área por animal (baja carga)

podría ser considerado como un “recurso potencialmente útil”, es decir, un determinado recurso que permite hacer frente a dificultades imprevistas (Aaker y Mascarenhas 1984). Estos predios disponen de una mayor cantidad de reservas forrajeras excedentarias que les permite mantener la producción individual sin recurrir a un mayor uso de concentrados. En el contexto de este trabajo, disponer de alimento extra (ensilaje, heno) utilizable rápidamente cuando la oferta de forraje desciende por debajo de un umbral “tolerable” para el mantenimiento de la producción de leche es considerado un “recurso potencialmente útil”, que es además bien valorizado en los periodos de déficit hídrico, ya que en estos casos los alimentos fibrosos aumentan sus precios en mayor proporción que los concentrados (McDonald y Heidler 2010). En este sentido, Cowan et al (2012) reportan como práctica producir comida extra (forraje conservado) en los años buenos para el crecimiento de pasturas, para tener un año por adelantado stock forrajero y no comprar a altos precios alimentos fibroso en los periodos de sequía.

Es de destacar que la mayor parte de los productores del grupo 1 se encuentran localizados sobre suelos de la formación San Gabriel – Guaycurú en Colonia. Como se analizó previamente (cuadro 6), esta región presenta mayor probabilidad de ejercicios con déficit hídrico en comparación con la región con suelos de la formación Ecilda Paullier. Esta mayor exposición a los periodos con déficit hídrico puede haber llevado a que estos sistemas de producción presenten cargas menores como parte de una estrategia adaptativa. Resultados similares son reportados por Nelson et al (2010) para sistemas pastoriles en Australia. Los predios localizados en regiones que experimentaban mayor exposición a las sequias no eran necesariamente las que presentaban mayor pérdida de ingreso, reflejando la capacidad de desarrollar sistemas de producción más adaptados a estas condiciones.

El Grupo 2, constituido por 6 tambos, tuvo una producción de leche similar a la esperada según la tasa de crecimiento del periodo analizado ( $\text{VarPL} = -0,67$ ), presentando al mayor Margen Bruto. Este grupo es el más intensivo desde el punto de vista productivo, con alta carga (0,85 VM/ha SPL) y alta producción por vaca



(6302 litros/VM). Esta producción estuvo asociada a altos gastos variables principalmente por un alto uso en concentrado (1820 kg/VM) y un alto gasto de pastura, superiores los promedios de los otros dos grupos. Si se analiza la evolución de estas variables en el periodo 2007/2008 – 2010/2011, se puede comprobar que este grupo pierde algo de producción por VM en el ejercicio 2009/2010 como consecuencia de una disminución en el suministro de concentrado con respecto al ejercicio anterior (Figura 14) que no sería compensada por un mayor consumo de alimento fibroso. De hecho, este grupo presenta el mayor Gasto en Pasturas y Cultivos en el ejercicio 2008/2009 (15% del Gasto Variable), lo cual puede hacer suponer que parte de este incremento correspondería a una mayor área de praderas a resembrar en el otoño 2009 como consecuencia de una pérdida ocurrida durante la sequía de la primavera y el verano previos. El resultado PBL disminuye con respecto al ejercicio previo pero este es el grupo que presenta menor relación PBL/PBT (Cuadro 12), reflejando que existe un aporte de otra actividad al resultado económico global de los predios. Es posible que este grupo base su estrategia de adaptación en una mayor diversificación de ingresos que permite amortiguar una variación en el resultado económico de la actividad lechera. Tal como se mencionó anteriormente, la diversificación se basa en la lógica de distribución y disminución de los riesgos, lo cual se aplica tanto a variedad de productos como a los mercados de colocación de los mismos (Aaker y Mascarenhas 1984). En estos predios lecheros, no se observó diversificación a nivel de colocación de su producto leche ya que todos remiten a la industria láctea, pero en entre Grupo se observó una diversificación en cuanto a actividades agrícolas reflejada en la relación PBL/PBT menor a 77%, lo cual estaría indicando un aporte de otra actividad al resultado económico global de los predios.

El Grupo 3, constituido por 2 tambos es el que se ubica en el departamento de Florida sobre los suelos de la unidad San Gabriel Guaycurú. Si bien en las tres situaciones analizadas (Colonia SG, Colonia EP y Florida SG) la probabilidad de ocurrencia de sequía agronómica fue similar, Florida se destaca por presentar mayor probabilidad de ocurrencia de ejercicios con escasez hídrica mayores a 5 meses. En el ejercicio 2009/2010 este Grupo fue el que presentó la mayor producción de leche

con respecto a la producción proyectada ( $\text{VarPL} = 0.57$ ). Sin embargo, el Margen Bruto fue el menor en comparación a los otros dos grupos asociado a gastos variables relativamente altos, principalmente en concentrado. El Grupo 3 presenta carga y productividad similar a la del Grupo 1 pero gastó prácticamente el doble en concentrado con una baja eficiencia si se analiza a partir del uso de concentrado por litro (433 g/litro). Estos resultados estarían asociados a una baja oferta de alimentos fibrosos en la dieta de las vacas, lo cual obliga a usar el concentrado para paliar este déficit nutricional, con una respuesta del mismo más particionada a mantenimiento de carga que a incremento de la producción individual (Astigarraga 2004). Este comportamiento suele estar asociado a rotaciones forrajeras de ciclo corto (muchas veces con gramíneas anuales), que tienden a perderse en los periodos de déficit hídrico prolongado como fue la primavera y el verano 2008/2009. Para el caso de los tambos de Florida, las rotaciones están compuestas principalmente de praderas cortas a base de raigrás y de trébol rojo (Formoso, 2010). En este sentido, es posible ver diferencias entre el Grupo 1 y el Grupo 3 en cuanto al aporte de las pasturas en la alimentación de las vacas. A misma carga (VM/ha) presentan una similar productividad por VM pero con menor uso de concentrado, mostrando una mejor persistencia de la base forrajera frente al déficit hídrico. Las rotaciones con ciclos de pradera largos que incorporan gramíneas perennes han demostrado ser una buena estrategia de adaptación ya que apenas se recupera el agua disponible en suelo, presentan una alta tasa de crecimiento (Voltaire et al. 2014). Esta estrategia apunta principalmente a no perder las pasturas sembradas, lo que en general en los tambos lleva además de dinero, tiempo para recomponer. Otro aspecto recomendado en la bibliografía es la utilización de especies resistentes a la sequía (Baethgen 2009, Giménez et al 2009, Lapetina, et al 2011).

Finalmente, el análisis mostraría que existe un margen de maniobra en el Grupo 1 y en el Grupo 2 utilizando diferentes estrategias. Esto es propio de los sistemas mixtos (pastura reservas forrajeras y concentrados) que permiten ajustes que son más difíciles de realizar en sistemas solo pastoriles (Cowan et al. 2012).

### **4.3 LECCIONES APRENDIDAS POR PARTE DE LOS PRODUCTORES A PARTIR DE LAS SEQUIAS AGRONOMICAS**

Las entrevistas realizadas a los productores permitieron relevar algunas de las medidas realizadas apuntando a identificar las estrategias adaptativas a las sequías de primavera-verano.

En cada uno de los tres talleres con productores, los productores identificaron a los ejercicios 1999/2000 y 2008/2009 como problemáticos por sequías agronómicas en el período considerado (1998-2012). Al trabajar con ellos según la metodología propuesta por Risbey et al. (1999), los productores en los tres talleres coincidieron en que hubo lecciones aprendidas y medidas que fueron incorporadas al sistema. En particular, es recordada la sequía 1999/2000 ya que a pesar de que fue similar en duración e intensidad a la sequía reciente del 2008/2009, la práctica de realizar reservas forrajeras estaba menos extendida (Hernández 2009), en particular el ensilaje que ha pasado a integrar las prácticas de alimentación estabilizadas a nivel de los predios lecheros.

Consultados por cual podría ser la señal que captan los productores para identificar que se está frente a un período de sequía a nivel de predio, ésta sería el estado de las pasturas. En la medida que el déficit hídrico comienza a prologarse en el tiempo, las pasturas disminuyen su crecimiento y por tanto la oferta de forraje para los animales se ve disminuida. Cuando esto ocurre, los productores manifestaron que era necesario activar las medidas necesarias para el mantenimiento de los animales y de la producción, en la medida que se identificaba claramente que los efectos residuales luego son difíciles de corregir.

Otro aspecto mencionado en uno de los talleres como medida de adaptación, fue la producción de leche en base a explotar más la productividad individual y no tanto la carga (productores pertenecientes al Grupo 1). La productividad individual es la más variable (y más “regulable”), 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

comprarse y es posible modular su uso en la medida que el concentrado no sea usado también para “sostener” carga. Para mantener la carga es necesario disponer de alimento fibroso, y estos predios han incorporado la necesidad de contar con reservas forrajeras excedentarias según lo manifestado por los productores entrevistados. Sin duda, como lo hicieron notar los propios productores, ésta fue una de las lecciones que dejó la sequía 1999/2000.

Otra opción es la compra de alimento extrapredio (en general concentrados) fue otra medida utilizada, variando su eficiencia de utilización según cada grupo identificado en el análisis de conglomerados. Sin embargo la compra de alimento extra predio implica contar con una capacidad financiera que permita afrontar el gasto extra, aspecto que no fue analizado en este trabajo. Cowan et al (2010), reportan la importancia del aspecto financiero como factor de estabilización de la empresa en situaciones de reducción de la disponibilidad de alimento producido a nivel predial. Incorporar en el análisis, la capacidad financiera de los productores es esencial según estos autores para reducir el impacto de la sequía sobre la merma en la oferta de forraje. En este sentido, una disminución del precio recibido por la venta de leche puede contribuir a deteriorar esta capacidad financiera al empeorar la relación insumo/producto, en particular la relación precio de la leche/precio del concentrado, disminuyendo la flexibilidad del sistema y aumentando las consecuencias de la sequía agronómica sobre las variables socio-económicas de las explotaciones (Finan et al, 2002).

La importancia de contar con pronósticos climáticos estacionales para poder anticipar acciones fue otro de los aspectos destacadas por todos los productores entrevistados, al igual que es reportado por la bibliografía internacional (Blackadder 2005, Meinke et al. 2006, Cowan et al. 2010, Nelson et al. 2010, MGAP FAO 2013). Según Meinke et al. (2006), la información sobre pronósticos debería estar apoyada por la implementación de sistemas de información integrados, incorporando los impactos biofísicos, económicos y sociales sobre los sistemas productivos. Mediante la mejora de los sistemas de información climática, un productor puede reducir el

nivel de incertidumbre en el que funciona el sistema, y al mismo tiempo, puede prepararse para responder más rápidamente a las perturbaciones de origen climático.

Respecto al “aprendizaje/evaluación” que plantean Lev y Campbell (1987) si bien cada predio lleva adelante diferentes estrategias de adaptación, el grupo y su asesor ocupan un rol fundamental en la discusión de las medidas tomadas por cada predio y evaluación colectiva de las mismas. Esto quedó en evidencia en la similitud de los grupos identificados a partir del análisis de conglomerados y los grupos de productores CREA constituidos: prácticamente el grupo resultante del análisis multivariado coincide con el grupo de productores que trabaja junto al mismo asesor. Existe un aprendizaje colectivo, que es valorizado en las instancias grupales de análisis de las experiencias que han resultado exitosas y aquellas que no lo han sido, que son luego integradas a los sistemas de producción. El análisis de las trayectorias prediales presentada para estos 14 predios reafirma la observación reportada por Gjerding (1999), donde menciona que los sistemas flexibles pueden comportarse de manera reactiva ante un cambio o perturbación del ambiente (sequía 1999/2000), pero tienden a prepararse para esos eventos a futuro de manera proactiva, instalando cambios que les permitan absorber las perturbaciones (2008/2009, 2010/2011). Es así, que los productores han ido incorporando medidas de adaptación que han resultado de las situaciones vividas previamente y que analizadas en un contexto grupal, les han permitido integrarlas a las prácticas productivas propias de los establecimientos. Autores como Nelson et al (2007) y Meinke et al. (2006) presentan este proceso de aprendizaje como parte del capital social y del capital humano que contribuye a la capacidad adaptativa a la variabilidad y al cambio climático de comunidades rurales. Desde esta perspectiva, la vulnerabilidad no depende de manera exclusiva de la naturaleza exacta del peligro sino también de las características de los sistemas humano-ambientales que les permitan hacer frente al cambio para mantener las funciones importantes (Nelson et al, 2010).

Este trabajo deja de manifiesto que los sistemas lecheros están en continuo proceso de adaptación y han continuado aumentando su productividad en estos últimos años a pesar de las diferentes perturbaciones del ambiente. La propia dinámica de los predios lecheros “obliga” a los productores a ser proactivos y por lo tanto menos vulnerables a la variabilidad climática y a las variaciones de precios. Algunos de los ejemplos que se presentan en este trabajo son estrategias comunes, tales como la diversificación o las reservas forrajeras con 1 año de anticipación, que pueden ser analizados bajo la perspectiva clásica de la gestión de las explotaciones. Sin embargo, el interés por introducir el concepto de flexibilidad utilizado para el análisis de los predios agropecuarios que enfrentan el cambio, es para ampliar esta perspectiva en una perspectiva de adaptación continua. La flexibilidad puede ser vista como una cualidad de la gestión adaptativa que hace hincapié en la importancia de comprender la retroalimentación sistemática de la experimentación en la definición de las futuras estrategias de adaptación, en este caso frente a la variabilidad climática.

## **5 CONCLUSIONES**

Este trabajo tuvo como objetivo analizar las estrategias de adaptación a las deficiencias hídricas en tambos de la cuenca lechera del SW del Uruguay.

Con respecto a un aumento de las deficiencias hídricas, a partir del análisis de una base de datos reciente de 72 años (1939/40-2011/12), no se observó una tendencia a un aumento de las mismas. Los resultados indicaron que existe una tendencia estadísticamente significativa a una disminución de las deficiencias hídricas para el verano en ambos departamentos y para la primavera en el departamento de Florida. No obstante, la alta variabilidad interanual de las precipitaciones (más del 80% de la varianza en la precipitaciones se debe al componente interanual), desafía a la producción agropecuaria a desarrollar medidas de adaptación

El impacto de la deficiencia hídrica sobre los sistemas de producción de leche varía según sus antecedentes, duración, intensidad y momento del año así como también depende de las estrategias que el predio haya tomado previamente y durante ésta. A nivel productivo, el impacto de períodos con déficit hídrico se visualiza en la producción de la leche del ejercicio siguiente, producto del efecto residual de una mala nutrición de los animales y de una baja disponibilidad de reservas forrajeras. En el plano económico, la disminución de la producción de leche no siempre parece impactar en el margen bruto en la medida que la misma se acompañe de un ajuste de los gastos variables.

Por otro lado, la amplitud del impacto negativo de un período una sequía agronómica no necesariamente aumenta a mayor intensificación del sistema productivo. El estudio en los sistemas productivos analizados mostraría que dicha amplitud tiene mayor relación con las estrategias que lleva adelante cada predio frente al evento más que al nivel de intensificación del mismo. Se observó que existe un margen de maniobra utilizando diferentes estrategias, lo cual es propio de los sistemas mixtos (pastura reservas forrajeras y concentrados) que permiten ajustes que son más difíciles de realizar en sistemas solo pastoriles.

Existen lecciones aprendidas a partir de eventos de sequías agronomicas anteriores (de 1999/2000 a 2008/2009), como ser la importancia de apuntar a mantener la base del sistema productivo en funcionamiento (asegurar la reproducción y por lo tanto las lactancias) a pesar de la severidad del evento climático, muchas veces a cuenta de aumentar los gastos variables del sistema productivo. La planificación para la toma de decisiones, el asesoramiento técnico y el trabajo en grupo han sido, para los casos analizados, un aspecto clave para incorporar estos aprendizajes.

Finalmente mencionar que con este trabajo se pretendió aportar elementos para identificar y evaluar las medidas de adaptación que llevan adelante los productores lecheros frente a la sequía. Para continuar trabajando en esta línea es necesario el aporte de la academia como fuente de conocimiento, de los técnicos extensionistas como traductores de los mismos y de los productores rurales quienes a través de sus estrategias y percepción nos brindan insumos para estudios de estas características.



## 6 **BIBLIOGRAFÍA**

- Aaker, D. A., Mascarenhas B. 1984. The Need For Strategic Flexibility. *Journal of Business Strategy*, 5, 74-82.
- Albín, A.; Giménez,A.; Gómez.; Ruz,E.; Chapper, S.; Baetghen, W.; Cambió el clima: herramienta para abordar la adaptación al cambio climático desde la extensión / IICA. Montevideo: IICA, 2013 .pp104
- Alcouffe, C. 2001. Formes de coopération interentreprises: l'organisation de la R & D dans l'aéronautique et le spatial. *Les notes du LIRHE* 356, 29 p
- ARU 2009. Cuantificación de las Pérdidas Ocasionadas por la sequía 2008/2009. [En línea] 12julio 2013 <http://www.aru.com.uy/documentos/documentoprensa.pdf>
- Astigarraga, L. 2004. Desafíos técnicos de la intensificación. *FPTA* 101, INIA-FUCREA, Facultad de Agronomía. [En línea]. 29 julio 2013 <http://www.fucrea.org/informacion/index.php?TypeId=15&ClassId=49&Id=1195>
- Astigarraga, L., and Ingrand, S.. 2011. Production flexibility in extensive beef farming systems. *Ecology and Society* 16(1): 7. [En línea] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol16/iss1/art7/>
- Baethgen, W.E.; Terra, R. 2010. El riego en un clima cambiante. In: Seminario Internacional Potencial del Riego Extensivo en Cultivos y Pasturas (1º, 2010, Paysandú, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 7-18.
- Baethgen, W. 2010. Opciones para la Adaptación al Cambio Climático en el Sector Agropecuario del Uruguay. Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo. [En línea] 20 setiembre 2012 [http://www.undpcc.org/docs/National%20issues%20papers/Agriculture%20\(adaptation\)/Uruguay\\_national%20issues%20paper\\_Agropecuario\\_adaptation%20final.pdf](http://www.undpcc.org/docs/National%20issues%20papers/Agriculture%20(adaptation)/Uruguay_national%20issues%20paper_Agropecuario_adaptation%20final.pdf)

- Baethgen, W. 2009. El Desafío de Incorporar al Cambio Climático en la Toma de Decisiones y la Elaboración de Políticas para el Sector Agropecuario. Manuscrito en preparación. [En línea] <http://argus.iica.ac.cr/Esp/regiones/sur/uruguay/Documentos%20de%20la%20Oficina/CoyunturaAgropecuaria/coy-marzo2009.pdf>
- Baethgen, W. E. 2007. Gestión de Riesgos Climáticos en el Sector Agropecuario de Uruguay para Adaptación al Cambio Climático. Informe de Desarrollo Humano en el Uruguay. PNUD, Montevideo, Uruguay.
- Baethgen, W.E., H. Meinke y A. Giménez. 2004. Adaptation of agricultural production systems to climate variability and climate change: lessons learned and proposed research approach IN: Insights and Tools for Adaptation: Learning from Climate Variability, NOAA-OGP, Washington, D.C. ENV/EPOC/GF/SD/RD, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris.
- Barrenechea, P.; Guerra, D. 2010. Estudio Nacional de Economía del Cambio Climático. Informe Final. [En línea]. 10 mayo 2013. [http://www.ccee.edu.uy/ensenian/catsemecnal/material/Uruguay-informe\\_final\\_version\\_borrador\\_no\\_publicada.pdf](http://www.ccee.edu.uy/ensenian/catsemecnal/material/Uruguay-informe_final_version_borrador_no_publicada.pdf)
- Bartaburu, D. 2011. Las estrategias de conducción de las explotaciones ganaderas y la adaptación a la sequía. In Evaluación de una metodología de modelación y simulación participativa para contribuir a la comprensión y comunicación del fenómeno de la sequía y mejorar la capacidad de adaptación de productores ganaderos del Basalto. Plan Agropecuario. FPTA INIA 284. [En línea] [http://www.planagropecuario.org.uy/uploads/libros/18\\_simulacion.pdf](http://www.planagropecuario.org.uy/uploads/libros/18_simulacion.pdf)
- Bartaburu, D. 2009. Las sequías: un evento que afecta la trayectoria de las empresas y su gente. IPA [http://www.planagro.com.uy/publicaciones/libros/Familias\\_y\\_campo/Capitulo\\_4\\_155.pdf](http://www.planagro.com.uy/publicaciones/libros/Familias_y_campo/Capitulo_4_155.pdf)

- Bartaburu, D. 2001. La vaca lechera en el verano: sombra, agua y manejo. Revista del Plan Agropecuario 94. [En línea]. 5 abril 2012  
[http://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R94/R94\\_39.htm](http://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R94/R94_39.htm)
- Bettolli ML, Altamitano MA, Cruz G, Rudorff F, Martínez A, Arroyo J, Armoa J. 2010. Pastura natural de Salto (Uruguay): relación con la variabilidad climática y análisis de contextos futuros de cambio climático. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 25(2): 248 – 259.
- Bidegain, M; Crisci, C; Del Puerto,C; Inda,L; Mazzeo; Taks,N; Terra,R. Clima de cambios: nuevos desafíos de adaptación en Uruguay. FAO MGAP. TCP URU/3302. [En línea] 15 de setiembre 2015  
<http://www.fao.org/docrep/field/009/as253s/as253s.pdf>
- Blackadder (2005) Masters of climate: Innovative farmers coming through drought. Looking at the ground not at the sheep p 10-11
- Blasina y Asociados 2012.. *Uruguay: 2000 millones de litros de leche en 2012*. En: El Observador [online]. feb.2012. Disponible en internet: <http://www.elobservador.com.uy/noticia/218470/uruguay-2000-millones-de-litros-de-leche-en-2012/>
- Boshell, J.F. y Chiara, J.P. 1982. Regionalización Agrometeorológica de la República Oriental del Uruguay. Nota Técnica N°50. Publicación DNM N° 36. Montevideo.
- Canosa, G.; Prieto, C. 2013. Estudio del efecto de las deficiencias hídricas sobre el rendimiento de soja. Tesis de Grado. Facultad de Agronomía- Universidad de la Republica. [En línea]. 10 de octubre 2015  
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/bitstream/123456789/1735/1/3876can.pdf>
- Carámbula, M. 2002. Pasturas y forrajes; potenciales y alternativas para la producción de forraje. Editorial Hemisferio Sur. Montevideo. Uruguay. Tomo 1. 357 p.

- Chapman, D.; Rawnsley, R.; Cullen, B.; Clark, D. 2013. Inter-annual variability in pasture herbage accumulation in temperate dairy regions: causes, consequences, and management tools 22nd International Grassland Congress.
- Chilibroste P, Ibarra D, Zibil S y Laborde D. (2004). Proyecto alimentación reproducción, CONAPROLE 2002. Informe final. pp 1-28.
- Cohendet, P; Llerena P. 1989. Flexibilités, risque et incertitude dans la théorie de la firme. Cohendet, P., Llerena, P., (éds.), Flexibilité information et décision, Paris, Éditions Économica, pp. 7-72.
- Correa, H. L., Slack, N., 1996. Framework to analyse flexibility and unplanned change in manufacturing systems. Computer Integrated Manufacturing, 9, 1, 57-64
- Cowan L., Kaine G., Wright V. 2012. The Role of Strategic and Tactical Flexibility in Managing Input Variability on Farms. Systems Research and Behavioral Science 30, 470–94
- Cowan, L. 2010. Exploring the relationship between path dependency and flexibility in farm systems. [En línea] [http://aciarc.gov.au/files/node/14068/exploring\\_the\\_relationship\\_between\\_path\\_dependency\\_74802.pdf](http://aciarc.gov.au/files/node/14068/exploring_the_relationship_between_path_dependency_74802.pdf)
- Cruz, G. Baethgen, W.; Picasso, V.; Terra, R. 2014. Análisis de sequías agronómicas en dos regiones ganaderas de Uruguay. Agrociencia Volumen 2014 129-131p 18 1:126-132 - enero/junio 2014
- Cruz, G. 2011. Vulnerabilidad al cambio y la variabilidad climática en sistemas agropecuarios de Uruguay. Documento de trabajo en el marco del Proyecto TCP/URU/3302. FAO-MGAP.
- Cruz, G.; Urioste, J. 2009. Variabilidad temporal y espacial del Índice de temperatura y Humedad (ITH) en zonas de producción lechera de Uruguay. Agrociencia (Uruguay), v.: 2, p.: 37 – 46, 2009. [En línea]

<http://www.fagro.edu.uy/~agrociencia/index.php/directorio/article/view/147/89>

Cruz, G.; Saravia, C. 2008. Un índice de temperatura y humedad del aire para regionalizar la producción lechera en Uruguay. *Agrociencia (Uruguay)*, v.: 1, p.: 56 -60, 2008. [En línea] <http://www.fagro.edu.uy/~agrociencia/index.php/directorio/article/view/178/118>

Cruz, G; Bettolli, M; Altamirano, M; Rudorff, F; Martinez, A; Arroyo, J; Armoa, J; De Torres, F; Tito, P. 2007. Evaluación de la vulnerabilidad actual y futura de los sistemas pastoriles frente a la variabilidad y el cambio climático: el caso Uruguay. Instituto Interamericano para la Investigación en Cambio Global (IAI).

Curso práctico Agrometeorología. 2008. UDELAR - Facultad de Agronomía.

Darnhofer, I, Bellon, S.; Dedieu, B.; Milestad, R. 2010. Adaptiveness to enhance the sustainability of farming systems. *Agronomy journal* 2010

De Leeuw, A. C. J.; Volberda. H. W. 1996. On the concept of flexibility: a dual control perspective. *Omega, International Journal of Management Science* 24(2):121-139

Dieguez, F.J.; Terra, R.; Tabarez, S.; Bommel, P; Corral, J.; Bartaburu D.; Pereira, M.; Montes, E.; Duarte, E.; Morales H. 2014. Virtual experiments using a participatory model to explore interactions between climatic variability and management decisions in extensive grazing systems in the basaltic region of Uruguay, *Agricultural Systems*, Volume 130, September 2014, Pages 89-104, ISSN 0308-521X, <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2014.07.002>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X14000882>)

- Greene, A.M, Goddard, L. and Cousin, R., 2011. Interactive “Maproom” Provides Perspective on 20th-Century Climate Variability and Change, EOS (presentado)
- Fitzgerald, J.B.; Brereton, A.J.; Holden, N.M. 2009. Assessment of the adaptation potential of grass-based dairy systems to climate change in Ireland—The maximised production scenario, *Agricultural and Forest Meteorology*, Volume 149, Issue 2, February 2009, Pages 244-255, ISSN 0168-1923. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2008.08.006>.
- Formoso 2010. Efectos de la época, métodos de siembra y el estrés calórico sobre los rendimientos de forraje en verdeos de invierno, in *Producción de forraje y calidad de verdeos de invierno y otras alternativas de producción otoño-invernales INIA Serie Técnica n° 184*, pág. 51 a 58
- García, J. 2003 Serie técnica, 133. Crecimiento y calidad de gramíneas forrajeras en La Estanzuela. / Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Uruguay), 35 pp
- Giménez, A; Castaño, J.P.; Baethgen, W; Lanfranco, B. 2009. Cambio climático en Uruguay, Posibles impactos y medidas de adaptación en el sector agropecuario. INIA Serie Técnica N°178.
- Gjerding, A. N. 1999. The evolution of the flexible firm. *National Innovation Systems, Industrial Dynamics and Innovation Policy*. Danish Research Unit for Industrial Dynamics. URL: [http://www.druid.dk/uploads/tx\\_picturedb/ds1999-57.pdf](http://www.druid.dk/uploads/tx_picturedb/ds1999-57.pdf)
- Grainger C.; Wilhelms, G. 1979 Effect of duration and pattern of underfeeding in early lactation on milk production and reproduction of dairy cows. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 395 401. <http://dx.doi.org/10.1071/EA9790395>

- Gray, D.I.; Kemp, P.D.; Kenyon, P.R.; Morris, S.T. Bookers, I.M; Matthew, C. 2008. Proceedings of the New Zealand Grassland Association 70: 59–68
- Hayman, P.; Rickards, L.; Eckard, R.; Lemerle, D. 2012. Climate change through the farming systems lens: challenges and opportunities for farming in Australia. Crop & Pasture Science, 2012, 63, 203–214 [www.publish.csiro.au/journals/cp](http://www.publish.csiro.au/journals/cp)
- Hernández A. 2009. La Producción lechera en el Uruguay año 2007. Serie de encuestas N° 278. Montevideo, Uruguay. 75 p.
- Howden, S.; Soussana, J. Tubiello, F, Chhetri, N. Dunlop, M.; Meinke, H. 2007. Adapting agriculture to climate change. PNAS Vol 104, N°50 p1961-1969
- Infostat. 2012. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. [En línea]. 15 setiembre 2012: [www.infostat.com.ar](http://www.infostat.com.ar)
- IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático). 2007. Climate Change 2007. Synthesis Report. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and Miller H. L. (eds) Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. . [En línea]. 20 julio 2013. [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/syr/es/spm.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/es/spm.html)
- IPCC. 2001 Tercer Informe de Evaluación Cambio climático. Impactos, adaptación y vulnerabilidad. [En línea]. 20 de mayo 2013. <https://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-2001/impact-adaptation-vulnerability/impact-spm-ts-sp.pdf>
- Kendall, M.G. 1975. Rank correlation methods, 4th Ed., Charles Griffin, London.
- Lancibidad M. Loza C., 2011. Caracterización de productores de queso artesanal del litoral sur, análisis de las prácticas de manejo y su efecto sobre la calidad de la leche. T. 3731. Tesis de grado de la Facultad de Agronomía

- Lapetina, J.; Carriquiry, E.; Peluffo, M.; Quiñones, A.; Rachetti, M.; Zipitria, J.. 2011. Adaptación y mitigación al cambio climático en sistemas agropecuarios del Uruguay. Proyecto MGAP/BM/GEF “Manejo Integrado de Recursos Naturales y Biodiversidad” .Comisión Nacional Fomento Rural.. Informe Final, 211pp. [En línea] <http://www.mgap.gub.uy/gxpfiles/mgap/content/audio/source0000000011/AUD0000070000002565.pdf>
- Lev, L.; D. Campbell. 1987. The temporal dimension in Farming systems research: the importance of maintaining flexibility under conditions of uncertainties. *Journal of Rural Studies* 3(2):123-132.
- Mac Donald, K.; Hedley, P. 2010b. Weathering the future. Occasional publication DairyNZ. Farmers’ Forum. pp. 39-50.
- Malaquin, I.; Morales, H. 2009 Sustentabilidad social de explotaciones ganaderas. El caso de la región del basalto – Uruguay.
- Meinke, H., Rohan, N., Kokic, P., Selvaraju, R. Baethgen, W. 2006. Actionable climate knowledge: from analysis to synthesis. *Climate Research*. Vol 33: 01-110. 2006
- MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca). Dirección de Estadísticas Agropecuarias. 2012. Anuario Estadístico Agropecuario año 2011. [En línea]. 15 noviembre 2013. <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,583,O,S,0,MNU;E;27;7;MNU;>
- MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca). Dirección de Estadísticas Agropecuarias. 2010. Anuario Estadístico Agropecuario año 2010. [En línea]. 10 octubre 2011. [http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,diea,diea-anuario-2010,O,es,0,](http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,diea,diea-anuario-2010,O,es,0)



- 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. [En línea]. 25 de octubre 2014. <http://www.fao.org/climatechange/84982/es>
- MGAP Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca 2009. Producción Lechera: situación y perspectivas. Anuario OPYPA. [En línea]. 25 julio 2012. <http://www.mgap.gub.uy/opypapublicaciones/ANUARIOS/Anuario2009/material/pdf/05.pdf>
- Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP). 2005. Carta de Suelos del Uruguay. Versión en CD. Montevideo, Uruguay
- Molfino, J.H. y Califea, A, 2001. Agua Disponible de las Tierras del Uruguay.
- Nardone, A.; Ronchi, B.; Lacetera, N; Ranieri, M.; Bernabucci, U. 2010. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock. Systems Dipartimento di Produzioni Animali, Università della Tuscia—via De Lellis, s.n.c. 01100, Viterbo, Italia *Livestock Science* 130 (2010) 57–69
- Nelson, R. ; Kokic, P; Crimp, S.; Martin, P.; Meinke, H.; S.M. Howden, S.M.; de Voil, P.; Nidumolu, U..2010. The vulnerability of Australian rural communities to climate variability and change: Part II—integrating impacts with adaptive capacity, *Environmental Science & Policy*, Volume 13, Issue 1, February 2010, Pages 18-27. ISSN 1462-9011, <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2009.09.007>.  
(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462901109001324>)
- Nelson, R., Kokic, P., Meinke, H., 2007a. From rainfall to farm incomes – transforming advice for Australian drought policy: Part II – forecasting farm incomes. *Australian Journal of Agricultural Research* 58 (10), 1004–1012.

- Oyanthçabal, W. 2010. La institucionalidad y el cambio climático: un tema central. Agricultura y cambio climático: Innovación, políticas e institucionalidad. CEPAL – República Francesa – IICA – FAO.
- Petrasovits, I. 1990. General review on drought strategies. En: Proceedings 14th
- Plan Nacional de respuesta al Cambio Climática. 2009 [En línea] [http://www.inia.org.uy/online/files/contenidos/link\\_06052010094903.pdf](http://www.inia.org.uy/online/files/contenidos/link_06052010094903.pdf)
- Plane, J. M., 2003. Management des organisations: théories, concepts, cas. International Congress on Irrigation and Drainage. Brazil. Paris, Dunod
- Rammel, C.; Van den Bergh, J.C. 2003 Evolutionary policies for sustainable development: adaptive flexibility and risk minimising Ecological Economics 47 (2), 121-133
- Reix, R., 1997. “Flexibilité”, Simon, Y., Joffre P. (dir.), Encyclopédie de Gestion, Tome II, Paris, Economica, pp. 1407-1420.
- Risbey, J. Kandlikar M. y Dowlatabadi H. Scale 1999. Context and decision making in agricultural adaptation to climate variability and change. Department of Engineering and Public Policy, Carnegie Mellon University, 129 Baker Hall.
- Rossello, R. 2013 Estrategias de Extensión: Los agricultores familiares y su adaptación al CC en territorios seleccionados del Cono Sur (Argentina, Chile y Uruguay) Procisur 33-36p [En línea] <http://www.iica.int/Esp/regiones/sur/chile/Documents/Proyecto%20Extensi%C3%B3n%20CC%20para%20pag%20web.pdf>
- Saravia C. 2009. Efecto del estrés calórico sobre las respuestas fisiológicas y productivas de vacas Holando y Jersey. (Tesis de Maestría) Montevideo: Facultad de Agronomía. 140p.
- Saravia, C. Astigarraga, L. Van Lier, E. Bentancur, O. 2011. Impacto de las olas de calor en vacas lecheras en Salto (Uruguay). Agrociencia Uruguay vol.15 no.1 Montevideo jun. 2011. ISSN 2301-1548. [En línea] 5

diciembre 2014.  
[http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2301-15482011000100011&lng=pt&nrm=iso#35](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2301-15482011000100011&lng=pt&nrm=iso#35)

Selvaraju, R., 2012. Climate risk assessment and management in agriculture. In: Meybeck, A., Lankoski, J., Redfern, S., Azzu, N., Gitz, V. (Eds.), *Building Resilience for Adaptation to Climate Change in the Agriculture Sector*. Proceedings of a Joint FAO/OECD Workshop, April 23–24, 2012. pp. 71–90. Available online at <http://www.fao.org/docrep/017/i3084e/i3084e.pdf>.

Sheath, G.; Clark, D.A. 1996. Management of grazing systems: temperate pastures. In: Hodgson J. and Illius A.W. (eds) *The ecology and management of grazing systems*, pp. 301–323. Wallingford, UK: CAB International.

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. [En línea] 10 diciembre 2012. <http://www.inale.org/innovafront/search.jsp>

Slack, N.D.C. 1987. *Manufacturing Systems Flexibility: Ten Empirical Observations*. Working Paper No. MRP87/9 Templeton College, Oxford

Terra, R. (2014). Sensibilidad de sistemas ganaderos a la variabilidad climática. *Revista Plan Agropecuario* N° 150. [En línea] 10 diciembre 2014 [http://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R150/R\\_150\\_40.pdf](http://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R150/R_150_40.pdf)

Thorntwaite, C.W.; Mather, J.R. 1957. *Instrucciones y tablas para el cómputo de la ETP y el balance hídrico*. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 55p.

- URUGUAY XXI, 2011. Uruguay país lechero. [En línea] 17 abril 2012.  
<[http://www.uruguayxxi.gub.uy/innovaportal/file/199/1/lacteos\\_-\\_uruguay\\_xxi.pdf](http://www.uruguayxxi.gub.uy/innovaportal/file/199/1/lacteos_-_uruguay_xxi.pdf)
- Valiente, O. 2001. Sequía: definiciones, tipologías y métodos de cuantificación. Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe., España y Portugal. Investigaciones Geográficas N°26 pp59-80. Universidad de Alicante España.
- Vidal M.E., 2012. Producción Lechera: situación y perspectivas. En: Anuario 2012 – MGAP, OPYPA, Uruguay. [En línea] 6 octubre 2013.  
<http://www.mgap.gub.uy/opypa/ANUARIOS/Anuario2012/material/pdf/05.pdfV>
- Volaire, F.; Barkaoui, K.; Norton, M..2014. Designing resilient and sustainable grasslands for a drier future: Adaptive strategies, functional traits and biotic interactions, European Journal of Agronomy, Volume 52, Part B, January 2014, Pages 81-89, ISSN 1161-0301, <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2013.10.002>.
- Zorrilla, D. 2011. Lechería en el Uruguay: una década de fuertes impactos. IICA [En línea] 12 mayo 2012 [http://www.iica.org.uy/index.php?option=com\\_content&view=article&id=771Itemid=141](http://www.iica.org.uy/index.php?option=com_content&view=article&id=771Itemid=141)

# **ADAPTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE A LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA. I.**

## **Estudio de la Variabilidad Climática en la zona de la cuenca lechera del SW del Uruguay para el período 1942 - 2012 <sup>1</sup>**

Caorsi, ML<sup>1</sup> \*; Cruz, G<sup>1,2</sup>; Terra, R<sup>1,3</sup>; Astigarraga, L<sup>1,2</sup>.

1 Centro Interdisciplinario de Respuesta al Cambio y Variabilidad Climática, José Enrique Rodó 1843, Universidad de la República, Montevideo, CP11200 Uruguay;

2 Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Av. Garzón 780, Montevideo, CP12900 Uruguay.

3 Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Julio Herrera y Reissig 565, Montevideo, CP11300 Uruguay.

---

<sup>1</sup> A ser enviado a la revista AGROCIENCIA (será seguido por un segundo artículo ADAPTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE A LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA. II. Estrategias de adaptación de los sistemas de producción de la cuenca lechera del SW del Uruguay a la sequía agronómica

## RESUMEN

La producción agropecuaria es una de las actividades más sensibles a la variabilidad climática. Las deficiencias hídricas generan altos costos económicos inmediatos y afectan la base de recursos naturales del país. A nivel de productores, surge una percepción generalizada de un aumento de frecuencia e intensidad de las sequías agronómicas en el sector en los últimos 10 años (MGAP FAO, 2013). En este contexto se plantea el siguiente trabajo el cual tiene como objetivo caracterizar y analizar la ocurrencia, intensidad y la duración de deficiencias hídricas durante un periodo reciente de 72 años (1939/40-2011/12) para los Departamentos de Florida y Colonia. Para el análisis de la variabilidad de las precipitaciones se utilizaron series históricas de precipitación mensual de Colonia y Florida. Para el análisis de la tendencia al aumento del déficit hídrico en el período 1939-2012 se realizó con el test de Man Kendall. Para caracterizar los ejercicios con sequía agronómica se utilizó el Índice de Bienestar Hídrico (IBH), considerando la ocurrencia de la misma en aquellos ejercicios donde se presentaran tres o más meses consecutivos con valores de IBH por debajo de 0,5. A partir de dicha caracterización se calculó la probabilidad y período de retorno con sequías agronómicas y la probabilidad y periodo de retorno de al menos 2 ejercicios consecutivos con sequía agronómica en primavera y verano para Florida y Colonia. Los resultados indican que existe una tendencia estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ) de disminución de las deficiencias hídricas para el verano en ambos departamentos y para la primavera en el departamento de Florida. Para ambos departamentos, se destaca la alta variabilidad interanual (80% de la varianza promedio). La probabilidad de ocurrencia de períodos con sequía y período de retorno así como también las rachas con sequía agronómica variaron según el departamento y unidad de suelo. Se concluye que no se observó una tendencia a un aumento de las deficiencias hídricas de los 72 años analizados. Se destaca la alta variabilidad interanual en ambos departamentos. Las sequías agronómicas variaron según sus antecedentes, duración, intensidad y momento del año.

Palabras clave: variabilidad climática, deficiencia hídrica, sequía agronómica

## SUMMARY

Farming (Agriculture production systems) are one of the most sensitive activities to climate variability. Droughts generate immediate high economic costs because of the impact on a country's primary sector. At a producer level, there is a widespread perception of increased frequency and intensity of droughts in the agricultural sector over the last 10 years (MGAP FAO, 2013). In this context, the aim of the work was to characterize the occurrence, intensity and duration of hydric deficits over a period of 72 years (1939/40 - 2011/12), for the Departments of Florida and Colonia, Uruguay. Historical rainfall variability was analyzed using series of data from Colonia and Florida. The increasing trend of hydric deficits in the period 1939-2012 was analyzed using the Mann-Kendall test. In order to characterize the years with agronomic drought the agrohydropotential index (AHP) was used, values below 0.5 for at least three consecutive months were considered as agronomic drought. From this characterization it was calculated the probability and return period of an agronomic drought and the probability and return period of at least 2 consecutive years with agronomic drought in spring and summer for Florida and Colonia. Results show a trend, statistically significant ( $p < 0,05$ ), of less hydric deficits in the summer for both sites and less hydric deficits in the spring just for Florida. Moreover, for both regions a high inter-annual variability was observed (80% average variance). In reference to the probability of drought periods and the return period, as well as agronomical drought rashes, it was found that they varied according to the region and unit of soil. We concluded that it was not observed a trend towards an increase in hydric deficits of the 72 years analyzed but the high interannual variability in both regions (80% of the variance in average) stands out. Agronomic drought varied according to its history, duration, intensity and time of year.

Keywords: climate variability, hydric deficits, agronomic drought.

## **INTRODUCCIÓN**

La producción agropecuaria es una de las actividades más sensibles a la variabilidad climática, entendida como las variaciones con respecto al estado medio del clima y otros datos estadísticos (como las desviaciones típicas y la ocurrencia de fenómenos extremos) en todas las escalas temporales y espaciales (IPCC, 2007).

La variabilidad climática impacta en los ingresos y en los costos de las explotaciones y también en las variables macroeconómicas como el PIB y las exportaciones. La frecuencia e intensidad de los eventos meteorológicos extremos son una dimensión sumamente relevante. Las deficiencias y excesos hídricos, las heladas fuera de época entre otros, afectan la producción de las pasturas y los cultivos en los que se basa la producción pecuaria. Pero además, muchos eventos climáticos adversos y extremos afectan directamente al animal e indirectamente a través de problemas sanitarios, y pueden tener efectos sobre procesos que afectan la producción tales como la fertilidad, preñez, eficiencia de conversión de alimentos en carne, leche o lana.

En los últimos años, estimaciones realizadas por el MGAP muestran que eventos extremos le costaron a los productores y al país pérdidas por varios cientos de millones de dólares (Oyanthcabal, 2010).

Para los sistemas pastoriles, la variabilidad climática impacta fuertemente en la estabilidad interanual de la producción de forraje. En particular, la sequía aparece como el evento extremo que se constituye en la principal amenaza para estos sistemas. (Cruz et al. 2007, Chapman et al. 2013, Nelson et al. 2007).

Estudios realizados en Uruguay muestran una relación positiva entre la cantidad de pastura consumida por unidad de superficie y el resultado económico de la explotación lechera (Astigarraga 2004, Chilibroste 2004). En los sistemas lecheros del Uruguay, la mayor productividad por unidad de superficie ha llevado a una mayor presión sobre la base forrajera de los tambos ya sea para consumo directo (pastoreo) o reservas forrajeras (silos y fardos) por tanto, cualquier evento que



impacte sobre la producción de forraje, tendrá consecuencias en la producción inmediata y residual del sistema.

Ejemplos recientes en Uruguay de eventos climáticos extremos son las sequías de 1999/00, 2003/04 y la de 2008/09. El evento de 1999/2000 arrojó un perjuicio económico considerable cuantificado en un monto superior a los US\$ 200 millones. El costo de la sequía del 2003/2004 habría sido similar a la anterior (Barrenechea, 2010). Por su parte, la sequía 2008/2009, ha sido la de mayor extensión con respecto a las mencionadas anteriormente. Esta sequía determinó una pérdida en superficie importante de praderas que en algunas zonas alcanzó a la totalidad de las praderas sembradas y una menor disponibilidad de pasturas de calidad durante la primavera del 2008 (MGAP OPYPA, 2009). A nivel animal, provocó una importante mortandad y una pérdida estimada en alrededor de un millón de terneros. Se estimó que el costo final de esta sequía en US\$ 950 millones (Barrenechea, 2010).

El siguiente trabajo plantea como objetivo caracterizar la ocurrencia, intensidad y la duración de deficiencias hídricas durante un periodo reciente de 72 años (1939/40-2011/12) para los Departamentos de Florida y Colonia.

## **MATERIALES Y METODOS**

Para el análisis de la variabilidad de la lluvia se recurrió a series históricas de precipitación mensual para el período 1939/40-2011/12 de las estaciones meteorológicas (EM) de Colonia (34.4 S; 57.8 O) y Florida 34.4 S; 56.2 O). Los datos de precipitación fueron brindados por INUMET.

Para descomponer la variabilidad climática en sus componentes de corto (interanual), mediano (decádico) y largo plazo (tendencias) se utilizó la metodología recomendada por el International Research Institute for Climate and Society, Univ. De Columbia y se basa en el análisis estadístico de series temporales.

Para caracterizar los períodos de déficit hídrico se realizó el Balance Hídrico (BH) meteorológico (1939-2011) a paso mensual utilizando la metodología de Thornthwaite y Mather (1957). El Balance Hídrico (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 real

Var. Alm.: variación del almacenaje en el suelo

Ecurr.: escurrimiento superficial

Drenaje: drenaje profundo

La Evapotranspiración Potencial (ETP) se define como el agua perdida desde un área de considerable dimensión, homogénea, totalmente cubierta de vegetación herbácea, en activo crecimiento y que no sufre nunca deficiencias de agua. Así definida, sólo depende de la demanda atmosférica y constituye una referencia importante para estimar las necesidades hídricas de las plantas

Según Thornthwaite y Matter (1957), 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 “reservorio” y tomando en cuenta además que éste ejerce una retención no lineal por el agua. Se considera que el escurrimiento superficial y drenaje profundo se manifiestan después de cubrirse la 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 10 días). Bajo estos supuestos, existirán deficiencias de agua en el suelo cuando  $ET < ETP$  y la magnitud corresponderá a la diferencia entre ambas ( $ETP - ET$ ).

Debido a la falta de información disponible para la estimación mensual de la evapotranspiración potencial (ETP) en cada año, se utilizó información de ETP climática del período 1931-1980. Los niveles de ETP en Uruguay están básicamente explicados por el balance de radiación (Cruz et al, 2014), lo que le imprime una elevada variación a lo largo del año y una relativamente baja variabilidad interanual. En este trabajo se justifica esta simplificación ya que es relevante considerar los tipos de suelos y se conoce que el elemento de alta variabilidad interanual es la lluvia.

Se utilizaron los datos de precipitación de las estaciones meteorológicas anteriormente mencionadas. Se utilizó información de ETP climática mensual del período 1931-1980 al no disponer de información de los años particulares. En cuanto al tipo de suelo, para el departamento de Colonia se utilizaron las Unidades Cartográficas a escala un millón de San Gabriel – Guaycurú (SG-G) y Ecilda Paullier – Las Brujas (EP-LB), mientras que para Florida se utilizó San Gabriel – Guaycurú. Para el caso de EP-LB, el suelo predominante correspondió a un Brunosol Eutrítico Típico, con un contenido de agua potencialmente disponible de 136.7 mm. La Unidad de SG-G presentó como suelo predominante Brunosol Subeutrítico Háplico Fr, y agua potencialmente disponible de 92.4mm (Molfino y Califra, 2001).

Para caracterizar las condiciones hídricas en contextos agrícolas existen distintos índices que utilizan el resultado del Balance Hídrico (BH) del suelo. A partir del Balance Hídrico realizado de la serie de ejercicios comprendidos entre 1939 al 2011, se calculó el Índice de Bienestar Hídrico (ETR/ETP) de esa serie de años.

Según Petrasovits (1990), el potencial agrohidrológico o Índice de Bienestar Hídrico (IBH) es la relación entre la evapotranspiración real de un cultivo (ETR) y la evapotranspiración óptima (ETP) cuyo máximo es la unidad. Este indicador puede mostrar, hasta qué punto y durante cuánto tiempo, es un terreno capaz de satisfacer la demanda de agua del cultivo que lo ocupa; este indicador también es útil para expresar la frecuencia de las sequías y de los diferentes grados de escasez de agua.

En el cuadro 1 se presentan las categorías propuestas por Petrasovits (1990) para caracterizar la severidad de las deficiencias hídricas.

**Cuadro 1.** Categorías de severidad hídrica según (Petrasovits 1990)

Rango	Descripción
1,0 - 0,8	la escasez de agua del cultivo es sólo teórica, porque a las <u>plantas</u> se les suministra agua de forma continua e ilimitada
0,8 - 0,5	la capacidad para satisfacer la demanda de agua de la zona sigue siendo continua, pero se va restringiendo progresivamente
0,5 - 0,3	la escasez de agua empieza a ser alta, el suministro de agua a las plantas es <u>periódico</u> y restrictivo , como consecuencia, aparecen síntomas de <u>estrés</u> hídrico
< 0,3	se produce un gran estrés hídrico, que causa considerables pérdidas de biomasa y, si esta situación se prolonga, también causa <u>la muerte</u> de la planta

La unidad INIA-GRAS en sus informes mensuales agroclimáticos toma como criterio para caracterizar al IBH que valores cercanos a 1 indican que la vegetación se encuentra en valores de transpiración cercanos a la demanda potencial. Por el contrario valores de IBH cercanos a 0 indican que la vegetación se encuentra en valores de transpiración muy por debajo de la demanda potencial, indicando que la vegetación se encuentra bajo estrés hídrico. Considera en general que valores de índice de bienestar hídrico por debajo de 0,5 indican condiciones de estrés en la vegetación.

Teniendo en cuenta estos antecedentes se definieron los siguientes criterios para caracterizar un ejercicio con sequía agronómica.

Ocurrencia: si en el ejercicio se registraban al menos tres meses consecutivos con IBH mensual menor a 0.5 ( $IBH < 0,50$ )

Intensidad: el mes (o meses) donde se registró el menor IBH durante un ejercicio con déficit hídrico.

Duración de la escasez hídrica: período con IBH inferior a 0,80 que antecede y/o sucede a la secuencia de por lo menos 3 meses con IBH inferior a 0,50 ( $0,8 > IBH \leq 0,50$ ).

A partir de la caracterización de los ejercicios se calculó la probabilidad de ocurrencia de ejercicios con sequía agronómica en 3, 4 o más meses consecutivos así como su correspondiente periodo de retorno ( $1/\text{probabilidad}$ ).

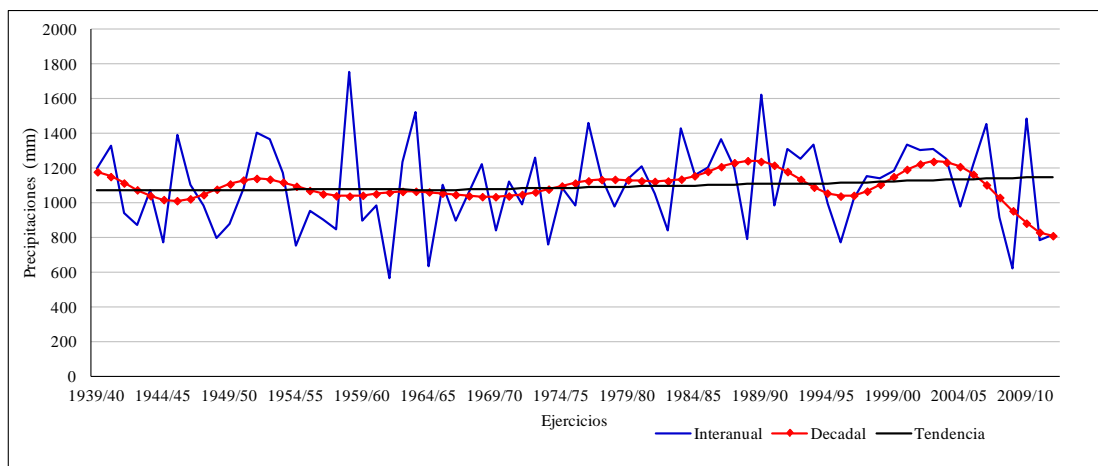
Se calculó también la probabilidad de ocurrencia de al menos dos ejercicios seguidos con sequía (rachas) y el correspondiente período de retorno.

Para comprobar estadísticamente la existencia de tendencias de déficit hídrico (1-IBH) en el período analizado, se realizó el test de Mann- Kendall (Kendall, 1975) para las estaciones de primavera y verano de ambos lugares y para cada unidad suelo. Se consideraron todos los meses consecutivos de cada estación (desde enero de 1939 hasta diciembre de 2011).

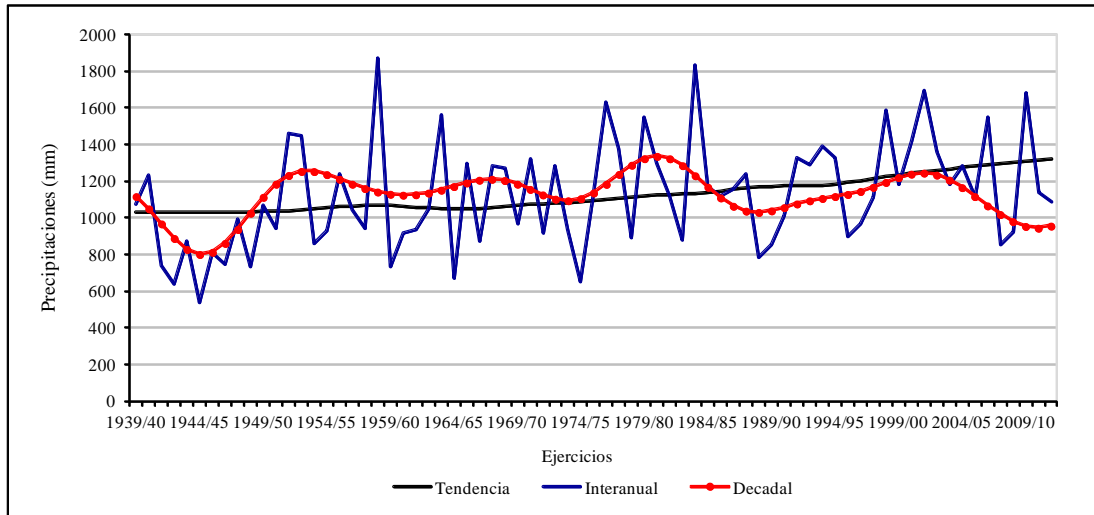
## RESULTADOS

En las figuras 1 y 2 se presenta la descomposición de la variabilidad de la precipitación total anual en sus componentes de corto (interanual), mediano (decádico) y largo plazo (tendencias) en los 72 años analizados para las EM de Colonia y Florida.

**Figura 1.** Variabilidad interanual (línea azul), interdecadal (línea roja) y tendencia de largo plazo (línea negra) de las precipitaciones para el Departamento de Colonia período 1939/40- 2011/12



**Figura 2.** Variabilidad interanual (línea azul), la inter decadal (línea roja) y tendencia de largo plazo (línea negra) de las precipitaciones para el Departamento de Florida período 1939/40- 2011/12



La importancia relativa de la variabilidad en distintas escalas temporales, en particular la dominancia de la escala interanual; se presenta en el Cuadro 2 cuantificándola a partir del porcentaje de la varianza total de la precipitación por localidad y horizonte temporal.

**Cuadro 2.** Porcentaje de la varianza total de la precipitación explicada por la Variabilidad de largo plazo (tendencia), variabilidad interdecadal y variabilidad interanual para los departamentos de Colonia y Florida en el período 1939/40- 2011/12

<b>Porcentaje Varianza Total</b>	<b>Florida</b>	<b>Colonia</b>
Tendencia	1%	9%
Interdecadal	12%	16%
Interanual	88%	74%

El análisis de la variabilidad muestra que la varianza de la precipitación explicada tanto por la variabilidad decadal como de largo plazo fue mayor para el departamento

de Colonia que para Florida. Por otro lado, la variabilidad interanual en el régimen de las precipitaciones es mayor en Florida.

Para el departamento de Colonia, la tendencia a largo plazo en el régimen de precipitaciones anual en el período analizado no es significativa ( $p=0,3491$ ). El año en el cual se registró la mayor precipitación fue el 1958/59 con 1755mm anual y en el que se registró menos precipitación fue el 1961/62 con 569mm.

Para el departamento de Florida, la tendencia a largo plazo sí es significativa ( $p=0,0023$ ) y el aumento asociado a dicha tendencia representa un aumento de 4,02 mm/año en los últimos 72 años. El año en el que se registró mayor precipitación fue el 1958/59 con 1870 mm y el de menor registro 1944/45 con 537 mm

### **Tendencias del déficit hídrico en primavera y verano para el período 1939/40-2011/12**

En la Cuadro 3 muestra los resultados del test de Mann-Kendall donde se evaluó las existencias de tendencias ocurrencia de déficit hídrico (1-IBH) en primavera y verano para las distintas unidades de suelo de los departamentos de Colonia y Florida.

**Cuadro 3.** Valor de ( $p>\alpha$ ) obtenido con el test de Mann – Kendall para los meses de déficit hídrico de primavera y verano para los departamentos de Colonia y Florida y para las unidades de suelo San Gabriel y Ecilda Paullier.

	Primavera	Verano
Colonia EP	0,52 <sup>(-)</sup>	0,027 <sup>(-)</sup>
Colonia SG	0,47 <sup>(-)</sup>	0,017 <sup>(-)</sup>
Florida SG	0,03 <sup>(-)</sup>	0,003 <sup>(-)</sup>

(-) tendencia de disminución de déficit hídrico

En la primavera para el departamento de Colonia los resultados indican para ambas unidades de suelo que no existe una tendencia significativa en el comportamiento de

las deficiencias hídricas en el período 1939/40-2011/12. Sin embargo, en la primavera para el departamento de Florida y en el verano en ambos departamentos y las dos unidades de suelo se observó una tendencia significativa a una disminución de las deficiencias hídricas

A modo de resumen, los resultados indican que existe una tendencia estadísticamente significativa de disminución de las sequías agronómicas para el verano en ambos departamentos y para la primavera en el departamento de Florida.

### **Sequías agronómicas en los ejercicios comprendidos entre 1939/40 a 2011/12**

Cómo se mencionó anteriormente, para caracterizar un ejercicio con sequía agronómica se consideró que el mismo debía presentar al menos tres meses consecutivos con valores de IBH por debajo de 0,5. Una vez identificados dichos ejercicios para estimar la duración utilizó el término período de escasez hídrica el cual se definió como aquel período con IBH inferior a 0,80 que antecede y/o sucede a la secuencia de por lo menos 3 meses con IBH inferior a 0,50 ( $0,8 > IBH \leq 0,50$ )

En el Cuadro 4 se presenta la Probabilidad de ocurrencia de ejercicios con sequía agronómica y el Período de Retorno de las mismas en distintas localidades, unidades de suelo y duración.

**Cuadro 4.** Probabilidad y Período de Retorno de ejercicios con sequía agronómica y con 4 o más meses de duración para Florida y Colonia (período 1939/40 a 2011/12)

	Probabilidad de ocurrencia %			Período de Retorno (años)		
	Florida San Gabriel	Colonia San Gabriel	Colonia Ecilda Paullier	Florida San Gabriel	Colonia San Gabriel	Colonia Ecilda Paullier
ejercicios con sequia agronimica	36,1	29,0	28,0	2,8	3,0	4,0
4 meses o mas meses consecutivos	27,8	16,7	16,7	3,6	5,9	5,9

De acuerdo con los resultados, se observa que la probabilidad de ocurrencia de períodos con sequía y período de retorno varía según localidad y unidad de suelo.



La probabilidad de ocurrencia de un ejercicio con sequía es de 36,1% para Florida SG, 29% para Colonia SG y 28% para Colonia EP. Es decir cada 2 años y 8 meses en Florida SG, cada 3 años en Colonia SG y cada 4 años en Colonia EP se presenta un ejercicio con sequía agronómica.

Ejercicios con 4 meses y más de escasez hídrica se repiten cada 3 años y 6 meses en Florida SG, cada 5 años y 9 meses en Colonia SG y Colonia EP.

Otro aspecto analizado fue la probabilidad de ocurrencia y período de retorno de al menos 2 ejercicios consecutivos con sequía agropecuaria en primavera y verano para Florida SG, Colonia EP y Colonia SG (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Probabilidad de ocurrencia y período de retorno de al menos 2 ejercicios consecutivos con sequía agropecuaria en primavera y verano para Florida y Colonia en los 72 años de estudio.

	Porcentaje de ocurrencia			Período de Retorno (años)		
	Florida San Gabriel	Colonia San Gabriel	Colonia Ecilda	Florida San Gabriel	Colonia San Gabriel	Colonia Ecilda
Ejercicios consecutivos con sequía agronómica	12,5	4,2	1,4	7,7	25,0	71,4

Cómo se observa en el Cuadro 5, la probabilidad y período de retorno de que exista al menos 2 años seguidos con sequía en primavera y verano varió según departamento y unidad de suelo. En el caso de Florida SG fue de 12,5% y el período de retorno de 7,7 años, en Colonia SG la probabilidad fue de 4,2% y el período de retorno de 25 años y en Colonia EP fue de 1,4 % es decir, cada 71,4 años y se producen al menos 2 años seguidos con sequía agronómica.

## **DISCUSION**

### **Análisis de las precipitaciones y de las deficiencias hídrica (1939-2012)**

Para los 72 años analizados (1939-2012) en ambos departamentos se observó una tendencia en aumento en las precipitaciones, la misma fue significativa en Florida ( $p=0,0023$ ). El aumento asociado a dicha tendencia representa un aumento de 4,02 mm/año en los últimos 72 años. El año en el que se registró mayor precipitación fue el 1958/59 con 1870 mm y el de menor registro 1944/45 con 537 mm. En el departamento de Colonia, la tendencia en el régimen de precipitaciones anual en el período analizado no fue significativa ( $p=0,3491$ ). El año en el cual se registró la mayor precipitación fue el 1958/59 con 1755 mm anual y en el que se registró menos precipitación fue el 1961/62 con 569 mm. Tanto para Florida como Colonia, se destaca la alta variabilidad interanual expresada como porcentaje de la varianza total de la precipitación. La misma representó el 88% en el departamento de Florida y el 74% en el departamento de Colonia.

El comportamiento de la variabilidad a distintas escalas concuerda con lo reportado por Beatghen y Giménez (2009) para la Estanzuela en el período 1915-2008. Por su parte Rossello (2013), reporta que para La Estanzuela la variabilidad de las precipitaciones interanual fue 80%, la variabilidad decadal 20% con una tendencia en aumento de las precipitaciones en el período comprendido entre 1970 -2010. Este mismo estudio reporta que para los países analizados (Uruguay, Argentina y Chile) la variabilidad decádica de las precipitaciones fue cercana a 20% dando indicios que se puede estar asistiendo a ciclos de varios años de incremento o caída de las precipitaciones.

Con respecto a las tendencias a largo plazo de las sequías agronómicas, los resultados indican que existe una tendencia estadísticamente significativa de disminución de las sequías para el verano en ambos departamentos (Colonia EP  $p>0,027$ , Colonia SG  $p>0,017$  y Florida SG  $p>0,003$ ) y para la primavera en el departamento de Florida ( $p>0,03$ ). Lo anterior puede explicarse por las mencionadas tendencias de aumento en las precipitaciones para la región. Estas tendencias

concuerdan por lo reportado por Cruz et al (2014) donde no existió para primavera y verano una tendencia de aumento de las deficiencias hídricas ni la intensidad de las mismas en los últimos años para los suelos superficiales y medios de Treinta y Tres y Salto. Por su parte Bidegain et al (2011) observaron tendencias positivas de precipitación acumulada para el período primavera verano en todas las estaciones meteorológicas estudiadas, siendo la mayoría de las tendencias significativas según el test de Mann-Kendall para el período 1930-2010. Giménez et al (2009) también mostraron tendencias de aumento en las precipitaciones en primavera y verano para La Estanzuela, Mercedes y Paysandú en el período 1931-2000. Se podría considerar que mayores precipitaciones en primavera-verano favorecerían el desarrollo de cultivos de verano y de pasturas, no obstante, la gran variabilidad climática existente entre años hace que dichos efectos no se manifiesten todos los años y por tanto lo que más sigue impactando en la producción agropecuaria es la variabilidad climática interanual (Baethgen et al, 2004; Cruz et al. 2007, Giménez 2009).

### **Probabilidad de ocurrencia de ejercicios con sequía agronómica**

La probabilidad de ocurrencia de ejercicios con sequía agronómica y los períodos de retorno variaron según localidad, período con escasez hídrica y unidad de suelo. Florida SG fue donde se encontró mayor probabilidad de ocurrencia de sequía agronómica (36,1%) independiente de la duración de la misma, le siguió Colonia San Gabriel donde la probabilidad de ocurrencia de sequía agronómica fue de 29,0%. Finalmente en Colonia EP fue donde se registró la menor probabilidad de ocurrencia de periodos con sequía, la misma fue de 28,0%. Los suelos de la Unidad San Gabriel por ser más superficiales, poseen menor contenido de agua potencialmente disponible que los de Ecilda Paullier de mayor profundidad y por tanto era de esperar que a mayor capacidad de almacenaje de agua del suelo disminuyan los períodos y magnitudes de deficiencia y excesos hídricos. Los resultados concuerdan con lo reportado por Cruz et al (2014) donde suelos superficiales de Salto y Treinta y Tres presentaron mayor probabilidad de meses con restricción hídrica para primavera y verano.

La probabilidad de ocurrencia y período de retorno de al menos dos ejercicios consecutivos con sequía agropecuaria varió según departamento y unidad de suelo. Según los datos analizados para Florida SG es de esperar que cada 7,7 años se presente al menos 2 ejercicios consecutivos con sequía, para Colonia SG cada 25 años y para Colonia EP cada 71,4 años. Este análisis responde a la problemática detectada en el estudio “Clima de cambios: Nuevos desafíos de adaptación en Uruguay” (MGAP FAO 2013), en referencia al impacto de una estación de primavera verano con déficit hídrico que a su vez fue precedido por otro año con similares características. En los períodos de sequía los predios lecheros realizan un mayor uso de reservas forrajeras para paliar la falta de alimento del rodeo lechero. En este contexto, es de esperar que un año con déficit hídrico precedido por otro de iguales características amplifique el impacto de esta problemática ya que las reservas disponibles fueron consumidas en el ejercicio previo sin posibilidad de reponer el stock para el ejercicio siguiente.

Los cambios en las variables climáticas, han impactado y seguirán impactando en los diversos rubros y formas de producción agropecuaria. Al momento de analizar el impacto de la variabilidad climática en sistemas productivos es relevante además del análisis climático, contar con información sobre la percepción de los productores respecto al clima y sus variaciones. A nivel nacional, hay estudios realizados en producción animal (MGAP FAO 2013, IPA, 2011; Cruz et al, 2007, Albín 2013) donde evalúan la percepción de los productores frente a la variabilidad climática. Estos estudios dejan en evidencia algunas “contradicciones” entre la percepción del sector productivo y las tendencias estadísticas de largo plazo, las cuales dan evidencia de disminución de períodos con déficit hídrico. A nivel de productores, surge una percepción generalizada de un aumento de frecuencia e intensidad de las sequías agronómicas en el sector en los últimos 10 años (MGAP-, 2013). Este aspecto puede tener más relación con la sensibilidad de los sistemas más que con la exposición de los mismos a eventos extremos como la sequía (Cruz et al 2014).

## **CONCLUSIONES**

No se observó una tendencia a un aumento de las deficiencias hídricas de los 72 años analizados. Los resultados indicaron que existe una tendencia estadísticamente significativa a una disminución de las deficiencias hídricas para el verano tanto para Florida como Colonia y para la primavera en el departamento de Florida. No obstante, la alta variabilidad interanual de las precipitaciones (más del 80% de la varianza en la precipitaciones se debe al componente interanual), desafía a la producción agropecuaria a desarrollar medidas de adaptación continuas.

Para analizar los impactos de las sequías agronómicas en los sistemas de producción es necesario tener información sobre los antecedentes, duración, intensidad y momento del año en que se producen las mismas.

## BIBLIOGRAFIA

- Albín, A.; Giménez, A.; Gómez.; Ruz, E.; Chapper, S.; Baethgen, W.; Cambió el clima: herramienta para abordar la adaptación al cambio climático desde la extensión / IICA. Montevideo: IICA, 2013 .pp104
- Astigarraga L. 2004. Desafíos técnicos de la intensificación. FPTA 101, INIA-FUCREA, Facultad de Agronomía. [En línea]. 29 julio 2013 <http://www.fucra.org/informacion/index.php?TypeId=15&ClassId=49&Id=1195>
- Baethgen, W.E., H. Meinke y A. Giménez. 2004. Adaptation of agricultural production systems to climate variability and climate change: lessons learned and proposed research approach IN: Insights and Tools for Adaptation: Learning from Climate Variability, NOAA-OGP, Washington, D.C. ENV/EPOC/GF/SD/RD, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris.
- Barrenechea, P.; Guerra, D. 2010. Estudio Nacional de Economía del Cambio Climático. Informe Final. [En línea]. 10 mayo 2013. [http://www.ccee.edu.uy/ensenian/catsemecnal/material/Uruguay-informe\\_final\\_version\\_borrador\\_no\\_publicada.pdf](http://www.ccee.edu.uy/ensenian/catsemecnal/material/Uruguay-informe_final_version_borrador_no_publicada.pdf)
- Chapman, D.; Rawnsley, R.; Cullen, B.; Clark, D. 2013. Inter-annual variability in pasture herbage accumulation in temperate dairy regions: causes, consequences, and management tools 22nd International Grassland Congress.
- Chilibroste P, Ibarra D, Zibil S y Laborde D. 2004. Proyecto alimentación reproducción, CONAPROLE 2002. Informe final. pp 1-28.
- Cruz, G. Baethgen, W.; Picasso, V.; Terra, R.. 2014. Análisis de sequías agronómicas en dos regiones ganaderas de Uruguay. Agrociencia Volumen 2014 129-131p 18 1:126-132 - enero/junio 2014
- Cruz, G; Bettolli, M; Altamirano, M; Rudorff, F; Martinez, A; Arroyo, J; Armoa, J; De Torres, F; Tito, P. 2007. Evaluación de la vulnerabilidad actual y futura de los sistemas pastoriles frente a la variabilidad y el cambio climático: el caso Uruguay. Instituto Interamericano para la Investigación en Cambio Global (IAI).
- Giménez, A.; Baethgen, W.; Castaño, J.P.; Lanfranco, B.; 2009. Cambio Climático en Uruguay, posibles impactos y medidas de adaptación en el sector agropecuario. INIA Serie Técnica N° 178. Uruguay

- IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático). 2007. Climate Change 2007. Synthesis Report. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and Miller H. L. (eds) Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. [En línea]. 20 julio 2013. [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/syr/es/spm.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/es/spm.html)
- Kendall, M.G. 1975. Rank correlation methods, 4th Ed., Charles Griffin, London.
- 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. [En línea]. 25 de octubre 2014. <http://www.fao.org/climatechange/84982/es>
- MGAP Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca 2009. Producción Lechera: situación y perspectivas. Anuario OPYPA. [En línea]. 25 julio 2012. <http://www.mgap.gub.uy/opypapublicaciones/ANUARIOS/Anuario2009/material/pdf/05.pdf>
- Molfino, J.H. y Califea, A, 2001. Agua Disponible de las Tierras del Uruguay.
- Nelson, R., Kocic, P., Meinke, H., 2007a. From rainfall to farm incomes – transforming advice for Australian drought policy : Part II – forecasting farm incomes. Australian Journal of Agricultural Research 58 (10), 1004–1012.
- Oyanthçabal, W. 2010. La institucionalidad y el cambio climático: un tema central. Agricultura y cambio climático: Innovación, políticas e institucionalidad. CEPAL – República Francesa – IICA – FAO.
- Petrasovits, I. 1990. General review on drought strategies. En: Proceedings 14th
- Rossello, R. 2013 Estrategias de Extensión: Los agricultores familiares y su adaptación al CC en territorios seleccionados del Cono Sur (Argentina, Chile y Uruguay) Procisur 33-36p <http://www.iica.int/Esp/regiones/sur/chile/Documents/Proyecto%20Extensi%C3%B3n%20CC%20para%20pag%20web.pdf>

Thornthwaite, C.W.; Mather, J.R. 1957. Instrucciones y tablas para el cómputo de la ETP y el balance hídrico. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 55p.