Cambio climático y variabilidad climática: necesidad de nuevas estrategias de adaptación en los sistemas de producción ganadera

Climatic change and climate variability: needs for new strategies of adaptation in the livestock production system

Seiler[1], R.A.
Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

Resumen

La presente contribución tiene como base una exposición sobre "Cambio Climático, Variabilidad Climática y las Necesidades de Adaptación en el Sector de la Ganadería", realizada por el autor en oportunidad del 29º Congreso Argentino de Producción Animal. Una síntesis del análisis, de los conceptos y de ejemplos vertidos en aquel momento son utilizados para el desarrollo de este trabajo. El mismo se lleva a cabo a través de casos de estudio distribuidos en la zona central de Argentina, en los que se analizan la variabilidad climática estacional e inter anual y sus impactos sobre la vegetación, mediante la aplicación de dos índices agrometeorológicos. Los resultados y ejemplos utilizados muestran las características de la variabilidad climática y del cambio climático en los últimos veinte años y destacan la necesidad de desarrollar, sin pérdidas de tiempo y frente a ese contexto de cambios, mejores o nuevas estrategias de adaptación conducentes a una actividad más sustentable del sector de producción ganadera.

Palabras clave: cambio climático, variabilidad climática estacional, índices agroclimáticos, región Central de Argentina.

Summary

This contribution is based on a conference on "Climate change and climate variability and the need of adaptation in the livestock sector" presented by the author at the 29 º Congreso Argentino de Producción Animal. A synthesis of the analysis and the concepts and examples expressed in the Conference are used for this paper. This is developed through cases of study in the central area of Argentina by the analysis of the seasonal and interannual climate variability and their impacts using two agrometeorological indices. The results and the examples used show the pattern of the climatic variability and the climate change during the last twenty years and emphasize the need to develop, without wasting time, improved or new strategies of adaptation to increase sustainability in the livestock production sector in the context of climate change and climate variability.

Key words: climatic changes, climate variability, agrometeorological indices, Central region of Argentina.

1. Agrometeorología. Dpto. de Ecología Agraria. Facultad de Agronomía y Veterinaria. UNRC. Ruta Nac. N° 36. Km 601, (X5804ZAB) Río Cuarto, Córdoba. Argentina. rseiler@ayv.unrc.edu.ar

Cambio climático y variabilidad climática

Un gran número de observaciones y de investigaciones llevadas a cabo en los últimos años sustentan la aseveración de que el clima de la tierra está cambiando. El aumento de la cantidad de gases productores del efecto invernadero y de aerosoles en la atmósfera, de la radiación solar recibida y también modificaciones de las propiedades de la superficie del suelo, alteran el balance de energía del sistema climático produciendo un aumento de la temperatura media del planeta (IPCC, 2007). Registros de los últimos 100 años revelan incrementos del orden de 0,6°C (IPCC, 2001a), con una proyección para el final del siglo XXI respecto del promedio del período 1980-1999, de 1,1 a 6,4 °C de incremento (IPCC, 2007).

El cambio climático produce cambios en el patrón global y regional de las precipitaciones y de ciertos parámetros como la intensidad, la frecuencia o la duración de los eventos (Trenberth et al., 2003). Estas modificaciones junto con la tendencia de calentamiento global conllevan a una intensificación del ciclo hidrológico y a la producción de significativos efectos regionales sobre las fuentes de disponibilidad de agua y de humedad. Los cambios en la frecuencia y en la intensidad de ocurrencia de eventos extremos, tales como inundaciones, sequías, lluvias intensas, tormentas de granizo, parecen asociarse al cambio climático a la vez que a otras variaciones naturales de largo plazo del clima (IPCC, 2007).

Las fluctuaciones del clima, o lo que colectivamente es denominado como variabilidad climática, afecta a todo el sistema de producción agropecuaria en distintas formas y con distintos grados de intensidad. El posible incremento en la variabilidad del clima asociado al cambio climático ocasionará un aumento en la variabilidad interanual de los rendimientos de los cultivos, afectando tanto a los agricultores en forma individual como a las economías regionales (IPCC, 2001b). El cambio climático y la variabilidad climática tienen efectos sobre las malezas, las plagas y las enfermedades, sobre los procesos del suelo y sobre la producción de forraje y la ganadería (Muriel et al., 2000). Considerando que todo el sistema de producción ganadero se asienta en la producción vegetal, los cambios principalmente en la concentración de CO_2, temperatura y precipitación, afectan en forma directa el rendimiento de pasturas o la competencia entre las especies (Muriel et al., 2000). En pasturas naturales la productividad y la composición de las especies están directamente relacionadas con la variabilidad de las lluvias en cuanto a cantidad y distribución estacional y en forma secundaria con otras variables climáticas. Además, el aumento en la magnitud y en la frecuencia de las ocurrencias de condiciones extremas de humedad o de déficit, puede producir efectos y alteraciones sobre los sistemas naturales (Westoby et al., 1989; Easterling, 1990). La ocurrencia de ondas de calor o de temperaturas bajas extremas puede afectar en forma directa causando estrés térmico sobre los animales, como también producir efectos indirectos a través de la influencia del clima sobre enfermedades o insectos vectores de patógenos de los animales.

El cambio climático y la variabilidad climática muestran evidencias en el presente también para Argentina, siendo factores condicionantes de la producción agropecuaria en la mayoría de las regiones. Estudios a nivel de todo el país reflejan incrementos en los valores de las isohietas de series climáticas actuales comparadas con las de series anteriores (Camilioni y Doyle, 2004). En el sur de la provincia de Córdoba, Seiler y Vinocur, (2006a) observaron una tendencia significativa de aumento de las lluvias anuales, más marcada desde los años sesenta en adelante. Además se encontraron tendencias positivas en la ocurrencia de lluvias máximas de un día en localidades del sur de la provincia de Córdoba (Seiler y Vinocur, 2006b), similar a lo comprobado en otras regiones del mundo, bajo la hipótesis de que

el calentamiento global produce un aumento del contenido de humedad atmosférica que favorece la ocurrencia de episodios de lluvias más intensas (Karl et al., 1995; Trenberth, 1999; BAMS, 2006).

Parte de la variabilidad climática puede ser explicada por controles climáticos como El Niño Oscilación del Sur (ENOS) (Ropelewski y Halpert, 1989; Messina, et al. 1999; Seiler y Vinocur, 2004). Sin embargo y a pesar del avance de la tecnología de pronósticos, particularmente los de tipo estacional basados en el ENOS, un alto porcentaje de esa variabilidad permanece todavía inexplicada y notoriamente impredecible.

Concientes de los cambios y de la variabilidad del clima, disminuir la incertidumbre tanto de la variabilidad natural como de la producida por el calentamiento global y el incremento del efecto invernadero, son grandes desafíos científicos actuales en materia climática y de sus impactos. Mientras se avanza en el conocimiento de estos temas, el cual en distintos casos de estudio es señalado casi siempre como la restricción crítica para la solución de los problemas, es necesario desarrollar estrategias para la "adaptación al cambio climático y a la variabilidad climática" a partir del conocimiento existente. Esta "adaptación" implica los ajustes necesarios de realizar en el sistema ecológico, social o económico en respuesta a los estímulos climáticos actuales o a los esperados y sus efectos (Smit et al, 2001). El concepto incluye la disminución de los daños producidos por, o la posibilidad de beneficiarse de, condiciones de variabilidad climática actuales, así como anticiparse al cambio climático. Adaptación puede consistir en acciones específicas tales como cambiar una especie forrajera por otra más ventajosa; diversificar el riesgo; realizar reformas estructurales. Pero por sobre todo "adaptación" es un proceso, que incluye la evaluación de los riesgos y de las opciones de respuesta, la creación de condiciones que permitan la adaptación, la movilización de recursos, la implementación de adaptaciones y la revisión de decisiones a la luz del nuevo conocimiento (Leary et al, 2007).

Esta contribución tiene como base una exposición del autor, presentada en oportunidad del 29º Congreso Argentino de Producción Animal, sobre "Cambio Climático, Variabilidad Climática y las Necesidades de Adaptación en el Sector de la Ganadería". Una síntesis del análisis, de los conceptos y ejemplos vertidos en aquel momento son utilizados para el desarrollo del presente trabajo. El objetivo general es mostrar las características de la variabilidad climática actual y del cambio climático y destacar la necesidad de desarrollar, sin pérdidas de tiempo, mejores o nuevas estrategias de adaptación conducentes a una actividad más sustentable del sector agropecuario frente a ese contexto de cambios.

Un análisis regional en Argentina

La síntesis de la presentación oral sugirió para esta contribución, la consideración de casos de estudio de la zona central de Argentina en diferentes ambientes ecológicos y la aplicación de dos índices capaces de describir la variabilidad climática estacional e inter anual y sus impactos. Los casos seleccionados dentro de respectivas provincias correspondieron a Santiago del Estero (Sgo. del Estero), Río Cuarto (Córdoba), Villa Mercedes (San Luis), Laboulaye (Córdoba), General Villegas (Buenos Aires) y Anguil (La Pampa). La distribución espacial de los casos de estudio puede asociarse a una extensión geográfica comprendida entre los 27° y 37° de latitud S y 61° a 66° de longitud O. Se consideraron además como áreas de análisis los departamentos Marcos Juárez y Río Cuarto, ambos ubicados en la mitad sur de la provincia de Córdoba, en el este y oeste de la misma, respectivamente.

Para las localidades de referencia se dispuso de información pluviométrica mensual de series de 30 años (1976–2005) (General Villegas y Anguil); de 31 años (1976-2006) (Río Cuarto, Laboulaye y Villa Merce-

des) y de 27 años (1974-2000) (Santiago del Estero). Las series de los lugares en la provincia de Córdoba fueron obtenidas del Servicio de Agrometeorología de la Universidad Nacional de Río Cuarto; en Santiago del Estero del Servicio Meteorológico Nacional y las de los lugares restantes del INTA.

La variabilidad climática en cada uno de los casos de estudio se analiza mediante el Indice Estandarizado de Precipitación (ISP) (McKee et al., 1993). Este índice fue desarrollado con el propósito de evaluación o seguimiento de condiciones de sequía. Sin embargo, investigaciones posteriores sugirieron que puede ser usado también como un indicador del desarrollo de condiciones favorables de humedad del suelo, e incluso hasta límites de saturación conducentes a situaciones de inundación (Hayes et al, 1999; Seiler et al, 2002). El índice asume la siguiente forma:

$$ISP = \frac{X_i - \overline{X}}{\sigma}$$

donde X_i es la probabilidad acumulada de la función Gamma Incompleta transformada en una variable estándar Z de distribución normal, para el total de precipitación de la escala de tiempo i seleccionada (3, 6, 12, etc. meses); $\overline{X}$ σ, son respectivamente la media y la desviación estándar de la serie, para la misma escala de tiempo i. Por convención en este trabajo, para la nomenclatura del Índice y la escala de tiempo se usa la sigla del índice seguida de un número, correspondiente a la escala de tiempo utilizada en meses (e.g. ISP-3). El ISP tiene un número de ventajas importantes sobre otros índices de sequía, tales como las de ser más simple de calcular, más fácil de entender, normalizado espacialmente y aplicable a distintas escalas de tiempo (Guttman, 1998). Esta versatilidad permite al ISP evaluar las disponibilidades de agua en el corto plazo, tal como la humedad de suelo útil para la agricultura y también en períodos largos, capaz de afectar las freáticas o aguas subsuperficiales y los ríos, lagos, etc. Los índices de intervalos cortos, un mes, tres, seis o nueve meses son indicadores de la tendencia estacional de humedad, mientras que un ISP por ejemplo de doce meses, representa un intervalo transicional entre estos y las tendencias de largo plazo representadas por el ISP de 24 y 48 meses. Los valores del ISP pueden variar entre 2 o superior (muy húmedo) a -2 o menos (muy seco), pero la ocurrencia de valores correspondientes a los de categorización de sequía severa o extrema (<-1,5) sobre un período de dos años, es una señal fuerte de sequía persistente.

Con las series de precipitaciones disponibles de las localidades seleccionadas, se calcularon series de ISP, en escalas de tiempo de 1, 3, 6, 9, 12 y 24 meses. A partir de esas series se analizan numérica y gráficamente la variabilidad estacional e interanual de las condiciones de humedad de acuerdo al ISP-3 y ISP-24 en los distintos casos de estudio, durante los últimos 20 años o los disponibles desde 1986 en adelante. En forma similar se analiza la variabilidad interanual de la recarga de humedad del suelo en otoño en los distintos lugares, representada por el valor ISP-3 a fin de mayo, también para los últimos 20 años.

El impacto de la variabilidad climática sobre la vegetación se analiza mediante el Indice de Condición de la Vegetación (VCI, por su sigla en inglés) (Kogan, 1990; Kogan y Sullivan, 1993). El VCI es generado a partir de un índice de vegetación (NDVI), calculado con datos de reflexión de la superficie del suelo en la banda visible (VIS) y en el infrarrojo cercano (NIR), obtenidos mediante el sensor AVHRR a bordo de los satélites de la serie NOAA. El VCI asume la siguiente forma:

$VCI=100*(NDVI-NDVI_{min})/(NDVI_{max}-NDVI_{min})$

donde,

$NDVI= (VIS-NIR)/ (VIS+NIR)$

y $NDVI_{max}$ y $NDVI_{min}$ son los NDVI semanales, máximos y mínimos respectivamente, de cada semana y de todos los años de la serie utilizada.

El VCI ha demostrado ser un buen indicador de la condición de la vegetación respecto del potencial o máximo posible del ecosistema en que se encuentra; además, resulta ser un buen estimador del rendimiento de cultivos y de condiciones de sequía (Hayes y Decker, 1996; Liu y Kogan, 1996; Kogan, 1997). En Argentina, en áreas de la provincia de Córdoba, Seiler y Kogan (2002) y Seiler et al. (2007), han aplicado este índice para la evaluación de ciclos Niño/Niña, estimación de rendimientos de cultivos y análisis de la dinámica de la vegetación respecto de las condiciones meteorológicas. Para este análisis se utilizaron series semanales de VCI, como medias departamentales de Río Cuarto y Marcos Juárez, del período 1981-2003.

Variabilidad estacional e inter anual de la disponibilidad hídrica

La aplicación del ISP a los distintos casos de estudio demuestra la existencia de una marcada variabilidad en la disponibilidad de agua en todos los lugares durante el curso de los años analizados. En cada uno de los casos, esta variabilidad asume distintas características en cuanto a temporalidad y a niveles extremos del rango según los ambientes. Esto refleja además de las condiciones meteorológicas de gran escala, la existencia de interacciones locales o regionales que imponen particularidades distintivas según los lugares. Estas características pueden observarse en la Figuras 1 y 2, en las que se presenta a través de los valores del ISP, la dinámica de la disponibilidad de agua para cuatro de los seis casos considerados. El rango entre 1 y -1 de valor del ISP que se indica en los gráficos, corresponde al nivel de variabilidad de la disponibilidad de humedad considerada normal o alrededor de lo normal.

La variabilidad de la humedad en el largo plazo (ISP-24) muestra una mayor sincronicidad temporal entre los distintos casos analizados. En general desde 1986 en adelante, se produjo en todos un marcado desbalance en los aportes de agua, los que caracterizaron hacia 1989-90 un período de sequía muy severo en Sgo del Estero, en Río Cuarto (Figura 1) y en Villa Mercedes (no mostrado); y menos severo en Laboulaye, en General Villegas (Figura 2) y en Anguil (no mostrado), lugares en donde se recuperaron las condiciones normales en menos tiempo. Desde 1990 en adelante se produjo en general una recuperación más o menos rápida del balance de agua de largo plazo, persistiendo una buena situación hasta aproximadamente 1995; luego una nueva tendencia a sequía alcanzó sus extremos en 1996-97, ocurriendo con similar severidad en Río Cuarto, Laboulaye y General Villegas y más leve en Santiago del Estero. Entre 1997-1998 según los lugares, se inicia un período de recuperación de la humedad que alcanza condiciones normales en todos los lugares hacia fines de 1999 o comienzos de 2000. A partir de allí, Río Cuarto muestra una variabilidad con menores situaciones extremas de humedad y dentro del rango de valores normales hasta el 2006, mientras que Villa Mercedes, Laboulaye, General Villegas y Anguil muestran una tendencia a condiciones de sequía de distinta intensidad hasta fines del 2003 o del 2004 según los casos.

La situación hídrica estacional representada por el ISP-3 muestra como es de esperar, mucha mayor variabilidad intra anual que la de largo plazo (Figuras 1 y 2). En principio esta variabilidad estacional o de corto plazo, es la que más preocupa en el sistema de producción ganadero y la más visible en lo inmediato. La dinámica estacio-

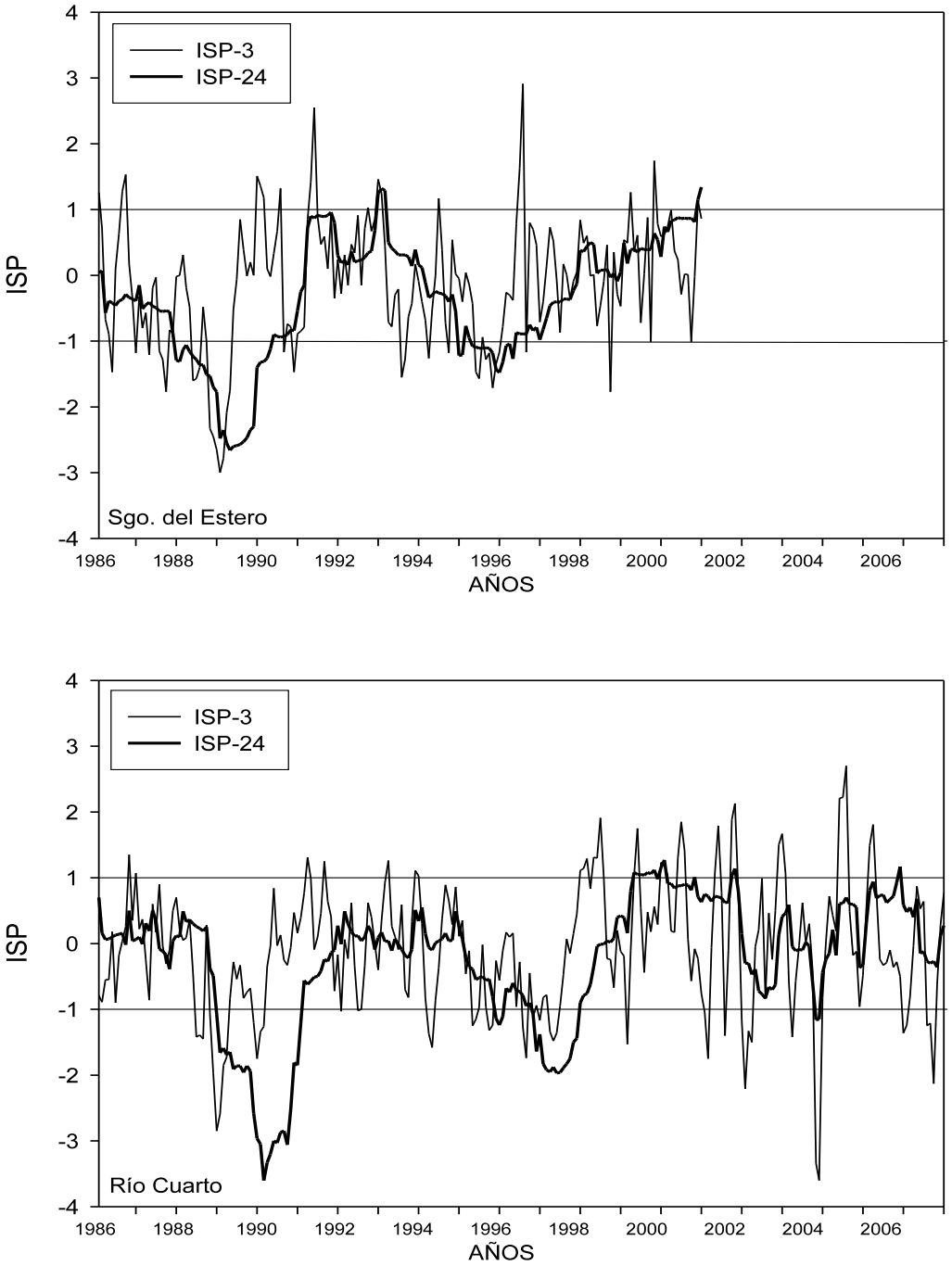


Figura 1: Variabilidad estacional e interanual de las condiciones de humedad representadas por el ISP-3 y el ISP-24, respectivamente.

Figure 1: Seasonal and interanual variability of the soil moisture conditions as indicated by the ISP-3 and the ISP-24, respectively

nal de la variación de la disponibilidad de agua acompaña a la variabilidad de largo plazo, con variaciones más frecuentes y más pronunciadas hacia condiciones de sequía, o produce recuperaciones en las condiciones de humedad de largo plazo por efecto de situaciones estacionales de menor variabilidad o de condiciones sostenidas de buena humedad. A manera de ejemplo, tal vez se puede estimar que deben haber sido muy buenos para la producción de forrajes y pasturas los años 1989-90 en Sgo del Estero y 1990-91 en Río Cuarto (Figura 1); 1997-98 en Laboulaye (excepto áreas inundadas en ese tiempo) y 1997-98 en General Villegas (Figura 2).

Otra característica significativa de señalar es la apreciación de un aumento en la amplitud del rango de variación de las condiciones de humedad estacionales (ISP-3) (Figuras 1 y 2). Esta situación se percibe a partir de los años 1997-1998 en adelante, para los casos de estudio de Río Cuarto, Laboulaye, General Villegas y Anguil. Esta ocurrencia de valores más extremos o con mayor amplitud de variabilidad, si bien se manifiesta en un período corto para confirmar una hipótesis de tendencia en aumento, puede configurar una situación de riesgo adicional e importante de tener en cuenta, tanto por las posibles sequías muy severas como por las inundaciones.

Variabilidad de la recarga de agua otoñal

En muchas áreas de utilización ganadera, especialmente aquéllas en regiones subhúmedas o semiáridas, la recarga otoñal de agua del suelo es una condición clave para la disponibilidad forrajera durante el invierno y hasta el próximo rebrote primaveral (Peñafor, C., comunicación personal). Utilizando el ISP-3 se intentó una aproximación de esa recarga para analizar su variabilidad interanual. Con los valores del Indice del mes de mayo de cada año se construyó una serie para Anguil y otra para Villa Mercedes, las que se muestran en la Figura 3.

Esta variable tampoco sorprende en cuanto a su alternancia inter-anual de otoños secos y muy secos a húmedos o muy húmedos, que se observan para cualquiera de los dos casos analizados. Sin embargo en esta alternancia, considerando que se trata de una serie relativamente corta y restringida sólo a dos casos de estudio, parecen más frecuentes las situaciones normales y húmedas respecto de los otoños secos. Incluso se observan secuencias de tres y hasta cuatro otoños húmedos alrededor de los años 1980-81 (en serie fuera de la Figura, 1992-93 y 1999-2000. Este último período de bondad de humedad en conjunto con otras variables no climáticas, llegó a producir modificaciones significativas en la provincia de San Luis respecto de la utilización del suelo, del valor de los alquileres y de los valores económicos de la tierra.

Impactos de la variabilidad climática sobre la vegetación

Los efectos de la variabilidad climática pueden ser evaluados a través de la respuesta de la vegetación durante las distintas estaciones del año. Curvas estacionales de VCI durante cinco ciclos anuales en los departamentos de Marcos Juárez y Río Cuarto, muestran rangos significativos de variación estacional e inter-anual de respuesta de la vegetación (Figura 4). Esta variabilidad de la condición o estado de la vegetación es observable tanto por la magnitud de los valores de los índices durante los distintos ciclos, como por su dinámica dentro de un mismo ciclo (incrementos o disminuciones y momentos de ocurrencia). Curvas de VCI o del estado de la vegetación por encima de 40% durante el período septiembre a marzo, pueden asociarse con un ciclo de condiciones meteorológicas normales o alrededor de lo normal (Seiler et al., 2007).

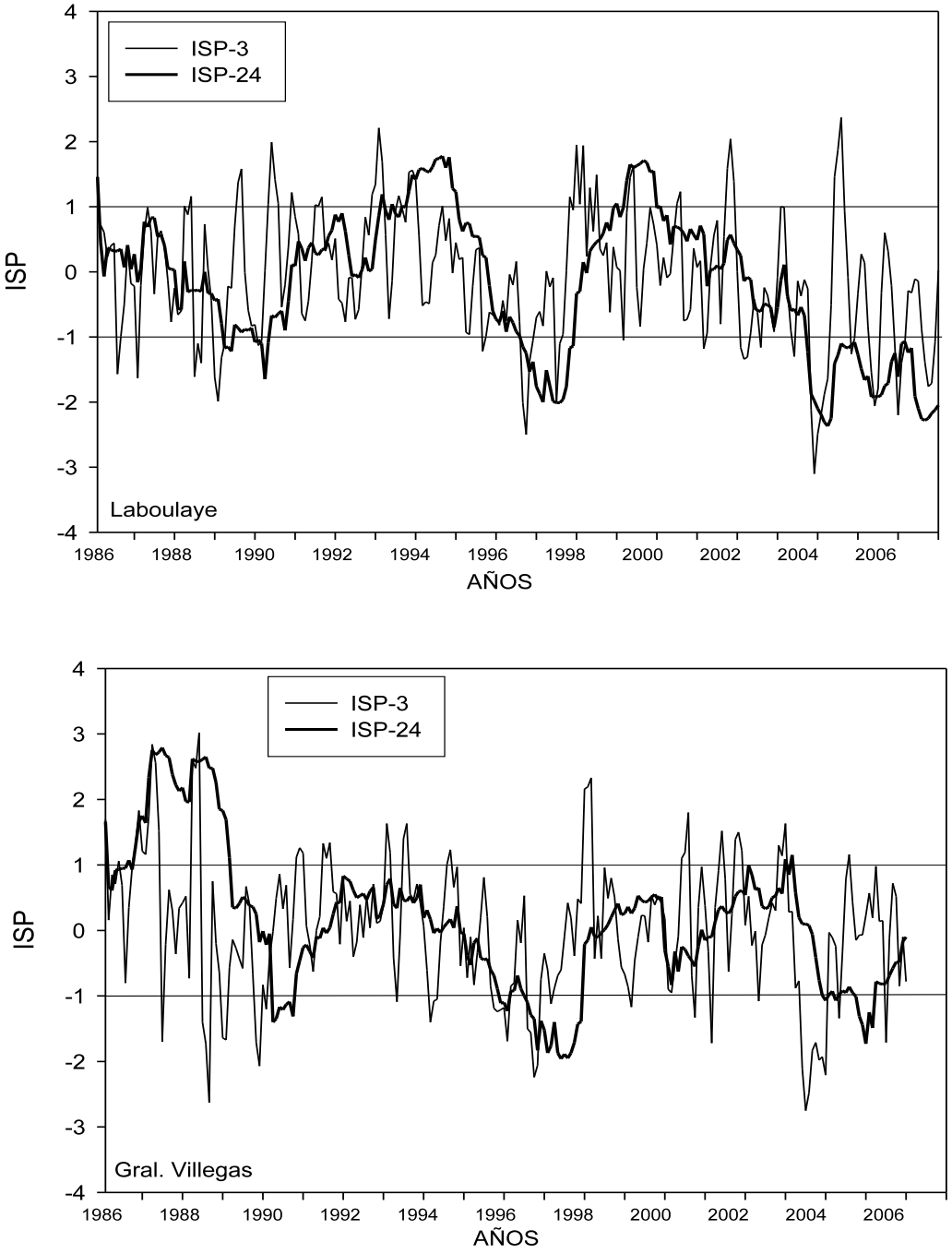


Figura 2: Variabilidad estacional e interanual de las condiciones de humedad representadas por el ISP-3 y el ISP-24, respectivamente.
Figure 2: Seasonal and interanual variability of the soil moisture conditions as indicated by the ISP-3 and the ISP-24, respectively.

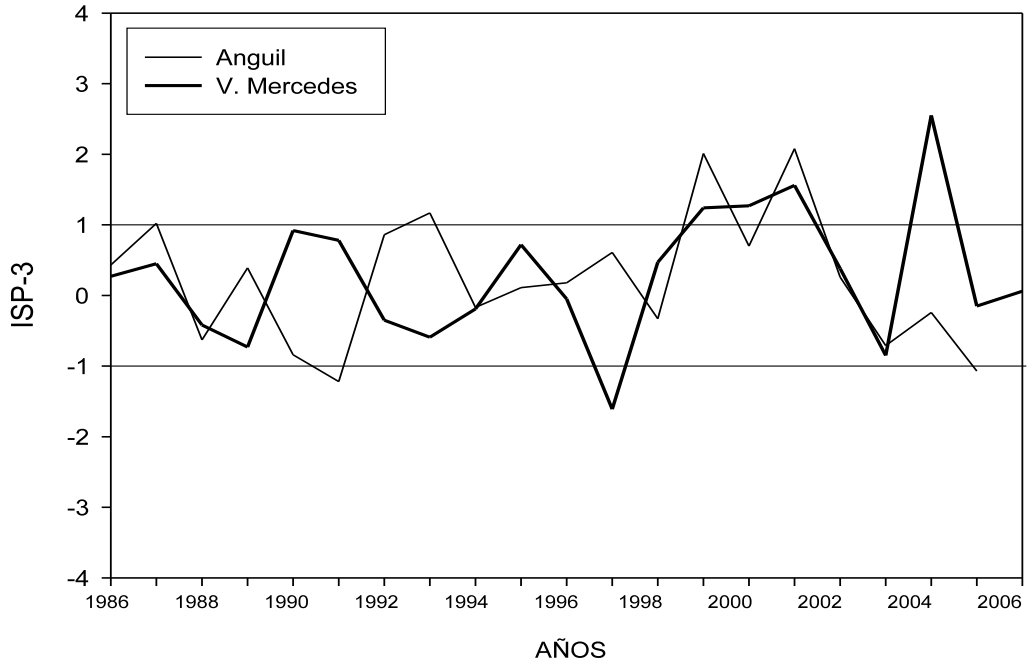


Figura 3: Variabilidad interanual de la recarga de agua del suelo a fin de otoño, representada por el ISP-3 del mes de mayo de cada año de la serie, en Anguil y en Villa Mercedes.
Figure 3: Interannual variability of the soil water recharge at the end of the autumn according to the ISP-3 of May for each year of the series, in Anguil and Villa Mercedes.

Por cierto, esas respuestas vegetativas se asociaron con lluvias suficientes de primavera y de verano. Respuestas de la vegetación representadas por valores inferiores al 40% de VCI ocurrieron con precipitaciones para los mismos períodos, por debajo de la normal en casi todos los casos.

Los ciclos 1988-89 y 1989-90 (vc_1989 y vc_1990 respectivamente, de acuerdo a referencias usadas en Figura 4) aunque con distinta intensidad, expresan en ambos departamentos el efecto de una sequía severa y generalizada en el centro del país, de la que se hiciera referencia en la discusión de las Figuras 1 y 2. En ambos ciclos y áreas, las condiciones de la vegetación desde la primavera hasta el otoño estuvieron por debajo del 40% de la condición máxima de cada una de las semanas y de los respectivos ambientes, mostrando ambos ciclos una recuperación hacia el otoño. Por otra parte, el ciclo 1997-98 (vc_1998) en la Figura 4 refleja el otro extremo de la variabilidad, consecuente con un período húmedo de sostenida recuperación del agua del suelo (Figuras 1 y 2).

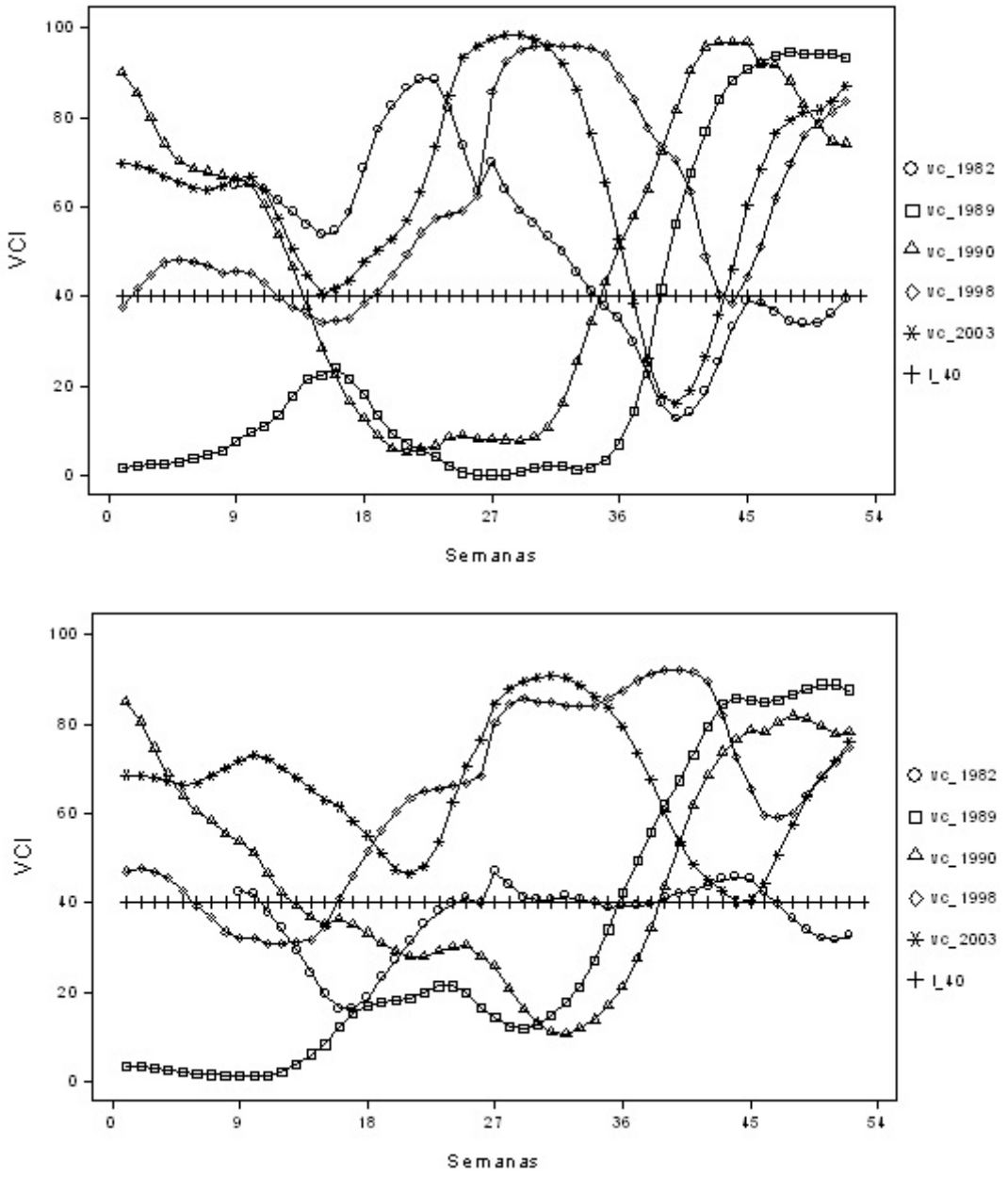


Figura 4: Variación estacional e interanual de VCI semanales para el departamento Marcos Juárez (gráfico superior) y Río Cuarto (gráfico inferior). La semana 1 corresponde a la primera semana de julio de un año y la semana 52 es la última semana de junio del año siguiente; un ciclo de crecimiento, por ejemplo indicado como vc_1982, corresponde a los VCI semanales durante el ciclo 1981-82 (Seiler y otros, 2007).

Figure 4: Seasonal and interannual variability of weekly VCI for the departments of Marcos Juarez (top figure) and Rio Cuarto (bottom figure). Weeks 1 is the first week of July of one year and week 52 is for June of the next year; seasons as an example, are indicated as vc_1982 which stands for weekly VCI during the season 1981/82 (after Seiler et al., 2007)

Consideraciones finales

El análisis de distintos casos de estudio de la región central de Argentina utilizados en esta contribución, demuestra que las alternancias estacionales e inter-anuales entre períodos húmedos y secos, incluidas las situaciones extremas tanto de humedad como de deficiencias, han sido una constante durante los últimos veinte años. Esta evidencia de la variabilidad climática, además de su característica de permanencia en el tiempo, también permite inferir la posibilidad de una tendencia de aumento en la amplitud del rango de variación hacia situaciones más severas en los últimos años. Resultados de este tipo pueden dar a priori, sustento a la hipótesis de que el calentamiento global puede provocar cambios de clima con situaciones más extremas y más frecuentes. A través de los casos analizados se demuestra también que los efectos del cambio climático y de la variabilidad climática se relacionan estrechamente con la respuesta de la vegetación.

El escenario actual de emisión de gases productores de efecto invernadero y las proyecciones y escenarios futuros, han generado un consenso generalizado respecto de los incrementos en el calentamiento global en las próximas décadas y de que el cambio climático y la variabilidad climática y sus impactos serán uno de los grandes problemas a enfrentar. Pero el cambio climático y la variabilidad climática son una realidad del presente y a la cual el sistema de producción ganadero, entre tantos otros sensibles al clima, está expuesto permanentemente y con distintos niveles de impacto. La variabilidad climática actual, el cambio climático, fenómenos climáticos extremos, imponen riesgos y pérdidas de tal magnitud, demostrando que la adaptación al cambio climático y a la variabilidad climática es deficiente en el presente. Esto implica que las prácticas en uso para manejar el riesgo climático van por detrás de lo que podría hacerse y peor aún frente a un contexto de cambio climático que amenaza con aumentar ese déficit. Una mejor comprensión del comportamiento del tiempo y del clima y de sus impactos puede ayudar a técnicos del sector agropecuario, investigadores, productores, a generar mejores respuestas de adaptación sin pérdida de tiempo y tal vez incorporar de esta manera, ventajas competitivas en el sector productivo que se trate.

Esta contribución representa un enfoque parcial de ninguna manera acabado sobre el problema del cambio climático y de la variabilidad climática y sus efectos. Menos aún de aquellos aspectos que signifiquen una aplicación práctica hacia el sistema de producción ganadera. De todas maneras se espera que la misma pueda ser motivadora para lo mucho que hay por hacer en materia de "adaptación", a la vez que permite sugerir la necesidad de realización de trabajos integrados entre la componente climática y la componente productiva forrajera o de manejo y más aún, con la componente socioeconómica, para determinar en conjunto e interdisciplinariamente los riesgos, la vulnerabilidad y mejores medidas de adaptación necesarias para el sector.

Bibliografía

BAMS. 2006. Extreme rainfall "More frequent in parts of United Kingdom". Nowcast. Bull. Am. Met. Soc. 87: 1472-1473.

Camilioni, I. and Doyle, M. 2004. Southern South America climate trends. Second AIACC Regional Workshop for the Latin American and the Caribbean, 24- 27 de Agosto de 2004, Regente Palace Hotel, Buenos Aires, Argentina. Abstract CD.

Easterling, W.E. 1990. Climate trends and prospects. In: Natural Resources for the 21st Century [Sampson, R.N. and D. Hair (eds.)]. Island Press, Washington, DC, USA, pp. 325.

Guttman, N.B. 1998. Comaparing the Palmer Drought Index and Standardized Precipitation Index. J. Am. Water Resour. Assoc. 34 (1): 113-121.

Hayes, M.J., Svoboda, M.D., Wilhite, D.A. and Vanyarkho, O.V. 1999. Monitoring the 1996 drought using the standardized precipitation index. Bull. Am. Meteor. Soc., 80:429-438.

Hayes, M.J. and Decker, W.L. 1996. Using satellite data for corn production assessments in the United States Corn Belt. Am. Met. Soc., 22nd Agriculture and Forest Meteorology, 347-349.

IPCC. 2001a. Climate Change 2001. The scientific basis. Houghton, et al. (eds). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. 881 pp.

IPCC. 2001b. IPCC Summary for policymakers Working Group II. Disponible en: http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg2/index.htm

IPCC. 2007. Summary for policy makers. In Climate Change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. S. Solomon, D. Qin and M. Manning (eds). En prensa.

Karl, T.R., Knight, R.W. and Plummer, N. 1995. Trends in high frequency climate variability in the twentieth century. Nature, 377: 217-220.

Kogan, F.N. 1990. Remote sensing of weather impacts on vegetation in non-homogeneous areas. Int. J. of Rem. Sens., 11: 1405-1419.

Kogan, F. and Sullivan, J. 1993. Development of global drought-watch system using NOAA/AVHRR data. Adv. in Space Res., 13 (5): 219-222.

Kogan, F.N. 1997. Global drought watch from the space. Bull. Am. Met. Soc., 78: 621-636.

Leary, N., Burton, I., Adejuwon, J., Barros, V., Batimaa, P., Biagini, B., Chinvanno, S., Cruz, R., Dabi, D., de Comarmond, A., Dougherty, B., Dube, P., Githeko, A., Abou Hadid, A., Hellmuth, M., Kangalawe, R., Kulkarni, J., Kumar, M., Lasco, R., Mataki, M., Medany, M., Mohsen, M., Nagy, G., Njie, M., Nkomo, J., Nyong, A., Osman, B., Sanjak, E., Seiler, R., Taylor, M., Travasso, M., von Maltitz, G., Wandiga, S., and Wehbe, M. 2007. A Stitch in Time: General lessons from specific cases. (Libro en preparación).

Liu, W.T. and Kogan, F.N. 1996. Monitoring regional drought using vegetation condition index. Int. J. of Remote Sen., 17: 2761-2782.

Mc Kee, T.B., Doesken, N.L. and Kleist, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to times scales. 8th Conference on Applied Meteorology, 17-22 January, Anaheim, California, pp 179-184.

Messina, C.D., Hansen, J.W. and Hall, A.J.. 1999. Land allocation conditioned on El Niño –Southern Oscillation phases in the Pampas of Argentina. Agric. Sys., 60: 197-212.

Muriel, P., Downing, T., Hulme, M., Harrington, R., Lawlor, D., Wurr, D., Atkinson, C.J., Cockshull, K.E., Taylor, D.R., Richards, A.J., Parsons, D.J., Hillerton, J.E., Parry, M.L., Jarvis, S.C., Weatherhead, K. and Jenkins, G. 2000. Climate Change and Agriculture in the United Kingdom. DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs). 71 pags. http://www.defra.gov.uk/farm/environment/climate-change/pdf/climate-ag.pdf

Ropelewski, C.F. and Halpert, M.S. 1989. Precipitation patterns associated with the high index phase of the Southern Oscillation. J. Climate, 2: 268-284.

Seiler, R.A., Hayes, M. and Bressan, L. 2002. Using the standardized precipitation index for flood risk monitoring. Int. J. Climatol., 22:1365-1376.

Seiler, R.A. and Kogan, F. 2002. Monitoring ENSO cycles and their impacts on crops in Argentina from NOAA-AVHRR satellite data. Adv. Space Res. 30: 2489-2493.

Seiler, R.A. and Vinocur, M.G. 2004. ENSO events, rainfall variability and the potential of SOI for the seasonal precipitation predictions in the south of Cordoba-Argentina. 14th Conference on Applied Climatology. American Meteorological Society, 84th Annual Meeting, 11-15 Jan, 2004. Seatle, WA. (JP1.10 extended abstract). Available in: http://ams.confex.com/ams/pdfpapers/71002.pdf

Seiler, R.A. and Vinocur, M. 2006a. Argentina-South of Cordoba Case Study Region. In: Chapter 2, AIACC LA 29 Final Technical Report. Available In: http://www.aiaccproject.org/ Final%20Reports/Final%20Reports/FinalRept_AIACC_ LA29.pdf. 173 pp.

Seiler, R.A. y Vinocur, M. 2006b. Variabilidad climática y cambio climático: un análisis regional de las precipitaciones máximas. XI Reunión Argentina de Agrometeorología, 5 al 8 de Septiembre de 2006, La Plata, Argentina. Actas de la Reunión. pp. 261-262.

Seiler, R.A., Kogan, F., Wei, G. and Vinocur, M. 2007. Seasonal and interannual responses of

the vegetation and production of crops in Córdoba, Argentina assessed by AVHRR derived vegetation indices. Advances in Space Research 39: 88 – 94.

Smit, B., Pilifosova, O., Burton, I., Challenger, B., Huq, S., Klein, R. and Yohe, G. 2001. Adaptation to climate change in the context of sustainable development and equity. In: J. McCarthy, O. Canziani, N. Leary, D. Dokken, and K. White (eds), Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA.

Trenberth, K.E. 1999. Conceptual framework for changes of extremes of the hydrological cycle with climate change. Climatic change 42: 327-339.

Trenberth, K.E., Dai, A., Rasmussen, M. and Parsons, D.B. 2003. The changing character of precipitation. Bull. Am. Met. Soc., 84: 1205-1217.

Westoby, M., Walker, B., and Noy-Meir, I. 1989. Opportunistic management for rangelands not at equilibrium. Journal of Range Management, 42: 262-274.