

EL CLIMA Y EL RENDIMIENTO DE LA PASTURA EN SALTO (URUGUAY). PARTE II: CAMBIO CLIMÁTICO

Bettolli, M Laura¹; Miguel A. Altamirano²; Gabriela Cruz³; Frederico Rudorff⁴; Arlen Martinez⁵; Jacinto Arroyo⁶ y Jorge Armoa⁷

¹ Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, FCEN, UBA-CONICET, Argentina, bettolli@at.fcen.uba.ar. ² Instituto Nacional de Ecología. México. ³ Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Uruguay. ⁴ Instituto de Pesquisa e Prevenção em Desastres Naturais. Brasil. ⁵ Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. Nicaragua. ⁶ Instituto Geofísico del Perú. Perú. ⁷ Universidad Nacional de Asunción. Paraguay.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción agropecuarios del Uruguay se ubican en una de las regiones más importantes de producción de alimentos del mundo. Por este motivo es importante considerar los posibles impactos del cambio climático, estudiar los efectos esperados sobre la producción agropecuaria y explorar tecnologías y medidas de manejo mejor adaptadas a los escenarios climáticos proyectados. Los resultados de los escenarios climáticos futuros obtenidos con los Modelos de Circulación General (MCG) indican para la región de interés una tendencia al aumento de la precipitación bajo los escenarios A2 y B2 (de 1 a 7%), en el segundo caso ligeramente inferior al primero (Camilloni y Bidegain, 2005; Caffera *et al.*, 2004; IPCC 2007). Para la temperatura, se proyecta un calentamiento generalizado, especialmente significativo en el escenario A2.

El objetivo de este trabajo es caracterizar los posibles efectos el futuro cambio climático sobre la producción de la pastura en Salto. Este estudio se plantea como un estudio complementario a Bettolli *et al.* (2008) donde se caracterizaron las condiciones climáticas para el desarrollo de la pastura teniendo en cuenta la variabilidad climática natural.

PALABRAS CLAVE: pastura, cambio climático, noroeste de Uruguay.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron datos diarios de precipitación y temperatura máxima (T_{máx}) y mínima (T_{mín}) de la estación meteorológica Salto (31° 23,08' S; 57° 57,09' O) para el período 1961-1990, provista por la Dirección Nacional de Meteorología de Uruguay (DNM). Este período de 30 años fue tomado como escenario base para la identificación de amenazas a originarse por el futuro cambio climático.

Para realizar la reducción de escala estadística se utilizaron salidas de los reanálisis diarios del NCEP provistos por el NOAA-CIRES Climate Diagnostics Center y salidas diarias de los Modelos de Circulación General (MCG) HadCM3 (modelo del Hadley Centre-Reino Unido) y CSIRO-Mk2 (modelo del CSIRO Centre-Australia) bajo los escenarios socioeconómicos de emisión de gases con efecto invernadero (GEI) SRES A2 y B2 (IPCC, 2001).

La reducción de escala para construir los escenarios de cambio climático a escala local, se realizó utilizando el Statistical DownScaling Model 3.1 (SDSM), bajo el estilo Perfect-Prog, (Wilby *et al.*, 2004). El modelo se calibró con las salidas de los reanálisis del NCEP en el período base 1961-1990. Luego se procedió a la reducción de escala de las salidas de los MCG para obtener los escenarios probables de Salto, considerando los horizontes temporales 2020, 2050 y 2080 bajo los escenarios SRES A2 y B2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los ensambles de las proyecciones de anomalías mensuales respecto a los valores observados de T_{máx}, T_{mín} y precipitaciones bajo los dos escenarios socioeconómicos en los tres horizontes temporales estudiados, se presentan en las Tablas N° 1, 2 y 3. Los resultados encontrados fueron consistentes con otros estudios desarrollados para la región sobre salidas de MCG (Caffera *et al.*, 2004).

En general, la temperatura máxima presentó un aumento mayor bajo A2, con valores más altos para el 2080 (Tabla N° 1). Para el año 2020 el aumento fue de 0.3 a 0.7 °C bajo el escenario A2, mientras que en B2 resultó de 0.1 a 1.0 °C. Para el año 2080, el cambio fue desde 1.0 a 2.0 °C bajo el escenario A2, en tanto que bajo el escenario B2 fue en el rango de 0.8 a 1.9 °C. Entre octubre y febrero se encontraron los mayores incrementos, con variaciones desde 0.4°C a 1.9°C según el escenario y el horizonte de tiempo (Tabla N° 1).

Tabla N° 1 Anomalías de la temperatura máxima

Mes	1961-1990	2020		2050		2080	
	Obs	A2	B2	A2	B2	A2	B2
E	31.85	0.69	0.30	1.45	1.31	1.96	1.88
F	30.19	0.56	0.36	1.28	0.82	1.99	1.88
M	28.20	0.29	0.30	1.19	0.63	1.87	1.26
A	24.31	0.55	0.24	0.92	0.47	1.75	0.95
M	20.95	0.31	0.16	0.70	0.30	1.53	0.81
J	17.57	0.49	0.51	0.74	0.58	1.32	0.98
J	17.79	0.70	0.05	0.91	0.35	1.28	0.84
A	19.34	0.56	1.07	1.13	0.99	1.06	1.25
S	21.30	0.44	0.69	1.10	0.72	1.60	1.16
O	24.55	0.47	0.87	1.47	1.46	1.98	1.67
N	26.96	0.59	0.43	1.24	0.87	1.31	1.30
D	30.29	0.46	0.28	1.27	1.03	1.99	1.65

promedio (°C) bajo los escenarios de cambio climático A2 y B2 en Salto.

En cuanto a la temperatura mínima, en la mayoría de los casos los aumentos resultaron mayores bajo el escenario A2 en comparación con B2, a excepción de 2020 entre los meses de diciembre y abril (Tabla N° 2). Para el año 2020, el cambio fue desde 0.3 a 0.7 °C bajo el escenario A2, en tanto que para B2 fue de 0.1 a 1.1 °C. Para el año 2080, el cambio fue en el rango de 1.5 a 2.9 °C bajo el escenario A2, con valores mayores a 2.4°C para la mayoría de los meses, mientras que bajo B2 fue desde 1.1 a 2.1 °C con la mayoría de los meses presentando valores superiores a 1.9°C. Los meses en que se presentaron los mayores incrementos se verificaron entre septiembre y abril, con variaciones que irían de 0.6 a 2.5°C, dependiendo del escenario y el horizonte de tiempo (Tabla N° 2).

En el caso de la precipitación, en general se presentarían incrementos en el porcentaje de precipitación mensual, con los mayores valores al 2080 bajo el escenario A2, desde 5 a 10% (Tabla N° 3). Para el horizonte 2020, los cambios estarían entre -2.5 y 4.0 %

bajo el escenario A2, con la mayoría de los meses presentando incrementos menores a 1.0%. En cambio, para el escenario B2 los cambios estarían entre -1.6 y 3.1 %, con la mayoría de los meses presentando incrementos menores a 2.0%. Para el año 2050, los cambios variarían desde -1.4 a 6.0 % bajo el escenario A2, con la mayoría de los meses presentando incrementos mayores a 2.5%, en tanto que los cambios variarían en el rango de -2.4 a 6.0 % bajo el escenario B2, con la mitad de los meses del año presentando aumentos mayores a 2.5%. Para el año 2080, los cambios se darían en el rango de 0.8 a 10.5 % bajo escenario A2, presentándose aumentos mayores a 5% en la mayoría de los meses, en tanto que los cambios serían desde 0.7 a 7.4 % bajo escenario B2, con la mayoría de los meses presentando incrementos menores a 2.5%.

Tabla N°2. Anomalías de la temperatura mínima promedio (°C) bajo los escenarios de cambio climático A2 y B2 en Salto.

Mes	1961-1990	2020		2050		2080	
	Obs	A2	B2	A2	B2	A2	B2
E	19.00	0.69	0.77	1.59	1.39	2.50	2.23
F	18.07	0.58	0.64	1.12	1.51	2.41	2.04
M	16.28	0.47	0.61	1.35	1.17	2.35	1.87
A	12.81	0.53	0.58	1.55	1.03	2.52	1.52
M	9.91	0.33	0.14	0.90	0.49	1.80	1.07
J	7.27	0.65	0.58	1.12	0.98	2.16	1.72
J	7.20	0.65	0.04	1.14	0.64	1.74	1.36
A	7.88	0.53	0.81	1.09	0.88	1.49	1.36
S	9.10	0.43	0.57	1.40	1.07	2.14	1.56
O	12.07	0.67	0.61	1.75	1.43	2.87	2.07
N	14.41	0.65	0.56	1.50	0.82	2.60	1.78
D	16.87	0.49	0.77	1.35	1.17	2.80	2.10

Tabla N°3. Anomalías de la precipitación mensual (%) bajo los escenarios de cambio climático A2 y B2 en Salto.

Mes	1961-1990	2020		2050		2080	
	Obs	A2	B2	A2	B2	A2	B2
E	126.39	0.55	3.07	0.63	1.11	2.33	1.13
F	139.04	0.32	1.59	1.85	6.02	0.83	1.47
M	138.74	0.17	0.48	2.54	2.70	1.16	1.47
A	125.90	-1.20	0.24	4.66	3.71	3.28	0.90
M	109.62	2.08	-0.36	5.56	1.34	5.92	3.30
J	63.25	0.10	1.85	2.54	1.02	5.25	5.80
J	57.12	2.71	2.72	6.04	4.65	9.24	7.43
A	62.18	3.97	2.26	4.86	3.30	9.37	7.11
S	105.73	1.00	-0.10	4.01	3.63	6.73	4.37
O	110.99	3.41	-1.56	3.27	-2.38	5.39	1.42
N	129.12	0.76	0.39	2.80	-1.80	10.5	2.49
D	93.79	-2.48	2.70	-1.4	-2.41	3.51	0.71

Al analizar los meses con mayores cambios se puede observar que para el año 2020, entre julio y septiembre se presentarían incrementos mayores a ~2.6% bajo el escenario A2, mientras que entre junio y agosto, y diciembre y febrero los incrementos serían de ~2.2 y ~2.5% bajo el escenario B2, respectivamente. Para 2050, bajo el escenario A2 se tendrían incrementos mayores a 4.0% entre abril y septiembre presentándose en junio un incremento de 2.5%, en tanto que entre los períodos de los meses de febrero a abril y julio a septiembre se

tendrían incrementos mayores a 2.7 y 3.3%, respectivamente, bajo el escenario B2, presentando decrementos de hasta 2.4% entre octubre y diciembre. Para el año 2080, entre mayo y noviembre se presentarían incrementos de ~8% bajo el escenario A2, en tanto que entre mayo y septiembre se tendrían incrementos de ~5.5% bajo el escenario B2.

CONCLUSIONES

Las proyecciones de cambio climático para la región en los horizontes temporales analizados, no mostraron una posible ocurrencia de efectos negativos según los requerimientos de los grupos vegetales tomados como referencia en Bettolli *et al.* (2008). Los impactos del cambio climático no representarían una limitante para el sector, fundamentalmente debido a que:

- el incremento que se daría en las temperaturas máximas no sobrepasaría el umbral máximo para el desarrollo vegetal;
- las temperaturas mínimas podrían aumentar entre 1 y 2°C para 2030 y 2050, permitiendo que disminuyan las probabilidades de ocurrencia de temperaturas por debajo del umbral crítico (10°C) y ampliando la ventana de producción y
- en el caso de la precipitación, se presentarían incrementos que podrían resultar favorables en reducir el estrés que pudiera originarse a causa del aumento de temperatura y la reducción en la humedad del suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BETTOLLI M.L., G. CRUZ, M.A. ALTAMIRANO, F. RUDORFF, A. MARTINEZ, J. ARROYO y J. ARMOA. 2008. El clima y el rendimiento de la pastura en Salto (Uruguay). Parte I: Variabilidad. XIII Reunión Argentina de Agrometeorología, 8 al 10 de octubre de 2008. San Salvador de Jujuy - Argentina
- CAMILLONI, I. y M. BIDEGAIN. 2005. *El cambio climático en el Río de la Plata*. Capítulo 4. Barros, V., Menéndez A y Nagy G. CIMA-UBA 200 pp
- CAFFERA R. M., G. NAGY; M. BIDEGAIN, J. J. LAGOMARSINO, F. BLIXEN y K. SANS. 2004. Análisis de la estadística climática y desarrollo y evaluación de escenarios climáticos e hidrológicos de las principales cuencas hidrográficas de Uruguay y de su zona costera (Río Uruguay, Río Negro, Laguna Merín, Río de la Plata y Océano Atlántico). Unidad de Cambio Climático de DINAMA – MVOTMA, Uruguay.
- IPCC, 2001. Summary for Policymakers. Climate Change: 2001: Mitigation. A Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. 14 pp.
- IPCC, 2007; Climate Change 2007, Working Group I Report "The Physical Science Basis". Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).
- WILBY L. R. y C. W. DAWSON. 2004. Using SDSM Version 3.1 — A decision support tool for the assessment of regional climate change impacts. Climate Change Unit, Environment Agency of England and Wales; Department of Computer Science, Loughborough University.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por los proyectos IAI TISG-P-3 y UBA X605. Los autores agradecen especialmente al Ing. Agr. Walter Baetghen y al Lic. Met. Mario Bidegain.