

REGIMEN AGROCLIMATICO DE OLAS DE CALOR EN LA PROVINCIA DE SANTA FE, ARGENTINA

VALTORTA, S.E.^{1,2}, LEVA, P. E.¹, GARCIA, M. S.¹ & RODRIGUEZ, R. O.³

RESUMEN

El conocimiento del régimen agroclimático de olas de calor, es necesario para la toma de decisiones respecto al manejo ambiental y nutricional de los rodeos de origen europeo. Operativamente, una ola de calor son al menos 3 días con índices térmicos por encima de umbrales seleccionados. Con información meteorológica diaria de temperatura y humedad se calcularon los ITH medios diarios de localidades de la provincia de Santa Fe. Los períodos anuales se consideran iniciados en 1 de julio de un año y terminados el 30 junio del año siguiente. Se determinaron las fechas medias de comienzo de primera y última ola de calor, las respectivas fechas extremas, la duración media del período de olas de calor, la duración media de las olas y los índices de mitigación. Las fechas medias de comienzo de primera y última ola de calor están comprendidas entre 24 de septiembre y 16 de abril respectivamente. La duración media del período con olas de calor en algunos casos supera los 200 días, siendo el valor mínimo de 112 días.

Palabras clave: raza europea, índice de mitigación, índice de temperatura y humedad.

SUMMARY

Agroclimatic regime of heat waves in Santa Fe province, Argentina.

Knowing the agroclimatic heat waves regime is useful for making decisions related to European origin herds' environmental and nutritional management. Operatively, a heat wave is a period, at least 3 days long, with thermal indexes above a selected threshold. Daily meteorological temperature and humidity information was utilized to calculate average THI for locations in Santa Fe province. Annual periods are considered to begin on July 1st and to end on June 30th the following year. Average and extreme beginning dates for the first and the last heat wave, average annual period presenting heat waves, average heat wave length and a mitigation index were determined. Mean first and last heat waves beginning dates were September 24th and April 16nd, respectively. Mean period with heat waves length is sometimes higher 200 days, the minimum being 112 days.

Key words: European breed, mitigation index, temperature humidity index.

1.- Cátedra de Agrometeorología. Facultad de Ciencias Agrarias, UNL. Kreder 2805. (3080) Esperanza, provincia de Santa Fe. Telefax: (03496) 426400. Email: pleva@fca.unl.edu.ar

2.- CONICET, Buenos Aires.

3.- Instituto de Clima y Agua. INTA Castelar, Buenos Aires.

Manuscrito recibido el 1° de octubre de 2008 y aceptado para su publicación el 10 de diciembre de 2008.

INTRODUCCION

Las temperaturas ambientales elevadas pueden resultar en importantes pérdidas de producción y, a veces, en muertes de animales (Oliver *et al.*, 1979; Hahn *et al.*, 1993; Mader *et al.*, 2001).

El ambiente estival afecta el bienestar y la eficiencia reproductiva de las vacas lecheras (Badinga *et al.*, 1985; Berman y Wolfenson, 1992). Trabajos realizados muestran que por encima de 21°C, en vacas de alta producción se observa disminución del rendimiento lechero (Johnson, 1987; Valtorta y Leva, 1998). En la cuenca central santafesina se observan, durante la época estival, disminuciones en la producción lechera (Leva *et al.*, 1997) y en la eficiencia reproductiva (Vicentini, *et al.*, 1991; Alonso *et al.*, 2001). En particular, las olas de calor podrían empujar a los animales sensibles más allá de sus límites de supervivencia (Hahn *et al.*, 2002; Kibler & Brody, 1950). Bajo escenarios de cambio global, se espera que los eventos extremos aumenten su frecuencia e intensidad (IUC, 2002). Una ola de calor se define como un período anormalmente cálido y usualmente húmedo de, por lo menos, un día de duración pero que, comúnmente, dura varios días a varias semanas (AMS, 1989). Una definición operativa (Hahn *et al.*, 2000) expresa que son al menos 3 días con temperaturas máximas por encima de umbrales seleccionados. Durante estas olas de calor se ve afectado el intercambio calórico de los animales, que fallan en disipar la carga calórica extra acumulada durante los días en que hay varias horas con índices de temperatura y humedad bien por encima del nivel de confort, y poca oportunidad para recuperarse. La termorregulación y el comportamiento del consumo se ven afectados en estos casos (Hahn, 1999; Nienaber, *et al.*, 2001). En el país, recientemente se ha determinado la in-

tensidad y frecuencia de olas de calor, considerando como tal a 3 o más días con temperatura mínima por encima de 23°C y máxima superior a 29°C (Rodríguez *et al.*, 2003), según la definición del SMN. Este análisis no incluyó la humedad relativa, elemento importante para determinar el grado de estrés impuesto a vacas lecheras (Hahn, 2003).

Si bien las olas de calor son más comunes durante el período cálido del año, pueden presentarse en cualquier época. Es probable, incluso, que sus efectos sean más negativos si se presentan durante períodos cuando las temperaturas no son tan elevadas. Por esta razón, se determinó el régimen agroclimático de olas de calor para la provincia de Santa Fe.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el estudio del Régimen Agroclimático de olas de calor (RAOC) se utilizaron las series históricas de datos diarios de temperatura máxima, mínima y de humedad relativa obtenidas de las estaciones meteorológicas convencionales de la provincia de Santa Fe pertenecientes al Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y de la Estación Agrometeorológica EEA INTA Rafaela. En el Cuadro 1 se presentan las ubicaciones geográficas y los períodos analizados de las siguientes localidades: Reconquista (Rq) Ceres (Cr), Sauce Viejo (SV), Rafaela (Rf) y Rosario (Rs).

Se estimaron los índices de temperatura y humedad (ITH) en base a la metodología original de Thom (1958) según la fórmula:

$$ITH = 1.8 \text{ ts} + 32 - (0.55 - 0.55 \text{ hr}) * (1.8 \text{ ts} - 26)$$

donde ts es la temperatura ambiente, en °C

hr es la humedad relativa expresada en base decimal.

El límite crítico entre situaciones de confort y estrés está dado por un ITH de 72 (Armstrong, 1994). Se consideraron olas de calor (OC) cuando el ITH alcanza el umbral

Cuadro 1. Ubicación geográfica de los observatorios pertenecientes al Servicio Meteorológico Nacional y de la EEA INTA Rafaela, en la provincia de Santa Fe y serie analizada para cada localidad.

Localidad	Ubicación geográfica	Serie analizada
Reconquista	29° 11' S 59° 42' W	1974-2004
Ceres	29° 53' S 61° 57' W	1974-2004
Rafaela	31° 11' S 61° 33' W	1974-2004
Sauce Viejo	31° 42' S 60° 40' W	1981-2004
Rosario	32° 55' S 60° 47' W	1974-2004

crítico al menos 3 días (Hahn *et al.*, 2000) y para este trabajo no más de 5 días.

Cada período anual se consideró iniciado el 1 de julio de un año y finalizado el 30 de junio del año siguiente. Para caracterizar el régimen agroclimático para cada localidad se determinó: el porcentaje de años con olas de calor, la duración media de dichas olas (en días), las fechas medias de comienzo de primera (FMCPOC) y de finalización de comienzo de últimas OC (FMCUOC), las fechas extremas de comienzo de la primera y última OC y la duración media del período anual con olas de calor. Se definieron además “índices de mitigación” (IM) de comienzo de primeras y últimas olas de calor, los cuáles indicarían, la necesidad de implementar pautas de manejo tanto modificaciones ambientales como nutricionales. Se entiende por tales a las fechas antes o después de las cuales podrían iniciarse olas de calor con una probabilidad del 20% (una vez cada 5 años).

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 2 A y B se presenta el RAOC para las localidades de Rq, Cr, SV, Rf y Rs.

En la caracterización del RAOC es importante ubicar los momentos de ocurrencia de las primeras y últimas OC. Las FMCPOC se

presentan en todas las localidades en los meses correspondientes al equinoccio de primavera. Rs y SV son las que presentan mayor dispersión en cuanto a su ocurrencia, siendo Rf la de menor variabilidad. Las FMOUOC se observan en 4 de las 5 localidades analizadas en la segunda quincena de mes de marzo. En Rq en la segunda quincena del mes de abril. La mayor dispersión en cuanto la FMCUOC se observa en Rf y la menor en Cr.

El período normal con OC abarca desde 3,6 meses en Rs hasta 6 meses en la localidad más al norte de las analizadas, Rq. Incluyendo el IM, el período con OC puede prolongarse en casi 3 meses más en Rs y 2 meses en Rq. Durante los períodos cálidos, los animales fallan en disipar el calor extra acumulado, especialmente durante los días en que hay varias horas con índices muy elevados y poca oportunidad para recuperarse. Bajo estas condiciones, la termorregulación y el comportamiento de consumo se ven afectados (Hahn, 1999; Nienaber *et al.*, 2001). Valtorta *et al.*, (1997) informan una disminución de la producción diaria de leche durante el desarrollo de una ola de calor donde la temperatura máxima alcanzó los 37,9°C.

Cuando las temperaturas aumentan se ve afectada no sólo la producción sino también la composición de la leche (Valtorta, *et al.*, 1998). Se observa una disminución en el

porcentaje de proteína a medida que aumenta la temperatura mínima en primavera y en verano (Valtorta, *et al.*, 1997). La falta de recuperación nocturna durante el período cálido tiene un marcado efecto sobre proteína bruta de la leche aún períodos cortos (Valtorta *et al.*, 1997).

La tasa de concepción (TC) también es afectada. En trabajos realizados se observa

una disminución para la localidad de Rf, ubicada en el centro de cuenca lechera santafesina, de 34% en el mes central del verano (Vicentini *et al.*, 1991; Alonso *et al.*, 2001).

La intensidad de la ola de calor esta determinado por el ITH medio de la OC. El ITH presenta una variación latitudinal. Los valores más bajo se registraron en la localidad de

Cuadro 2. A. Régimen agroclimático de olas de calor para las localidades de Reconquista, Ceres, y Sauce Viejo ($ITH > 72$) para la serie analizada. Los periodos anuales se consideran iniciados en julio de un año y terminados en junio del año siguiente.

Parámetro	Rq	Cr	SV
Número de años analizados	30 años	30 años	24 años
Porcentaje de años con olas de calor	100	100	100
Duración media de las olas de calor	4,08±1,14	4,25±1,12	4,35±1,2
Fecha media de comienzo primera ola de calor	24 de septiembre±41	17 de octubre±36	26 de octubre±46,5
Fecha extrema de comienzo primera ola de calor	27 de julio	26 de julio	27 de julio
Fecha media de comienzo última ola de calor	16 de abril±26	30 de marzo±20	17 de marzo±28,9
Fecha extrema de comienzo última ola de calor	16 junio	11 de mayo	20 de mayo
Duración media del período con olas de calor	203	164 días	142
Duración media del período sin olas de calor	161 días	199 días	221
ITH medio de la OC	75,42±2,61	75,24±2,61	74,1±2,31
IM ⁽¹⁾ de primera ola de calor	21 de agosto	17 de septiembre	16 de septiembre
IM ⁽¹⁾ de última ola de calor	8 de mayo	16 de abril	25 de abril

1. IM = índice de mitigación

Cuadro 2. B. Régimen agroclimático de olas de calor para las localidades de Rafaela y Rosario ($ITH > 72$) para la serie analizada. Los periodos anuales se consideran iniciados en julio de un año y terminados en junio del año siguiente.

Parámetro	Rf	Rr
Número de años analizados	30 años	30 años
Porcentaje de años con olas de calor	100	100
Duración media de las olas de calor	4,1±1,0	4.-1 ±1,0
Fecha media de comienzo primera ola de calor	11 de noviembre± 33 días	8 de noviembre±60
Fecha extrema de comienzo primera ola de calor	22 de agosto	25 de agosto
Fecha media de comienzo última ola de calor	15 de marzo± 31 días	11 de marzo±23,7
Fecha extrema de comienzo última ola de calor	12 de mayo	14 de abril
Duración media del período con olas de calor	124	112
Duración media del período sin olas de calor	231	254
ITH medio de la OC	75,2±1,4	74,6±2,19
IM ⁽¹⁾ de primera ola de calor	3 de septiembre	12 de septiembre
IM ⁽¹⁾ de última ola de calor	7 de abril	31 de marzo

1. IM = índice de mitigación

SV y Rs, pero esta última presenta una menor dispersión, y el más alto en Rq (cuadro 2). Con estos valores de ITH, se podría suponer que los animales durante la ocurrencia de la OC de calor, no tienen posibilidad de recuperación nocturna. Hahn et al. (2000) indican que cuando los animales enfrentan períodos de 3 o más días consecutivos con limitada oportunidad de recuperación nocturna, pueden esperarse efectos negativos si no se utilizan manejos que disminuyan los efectos ambientales.

En todas las localidades las fechas extrema de comienzo de primera OC se produjeron al final de la década del 90, a excepción de Rs que ocurrió en el año 2002. En cuanto las fechas extremas de comienzo de última OC se presentaron para Rs y SV en la década del 90 y para las otras, Rq, Cr y Rf en la década del 80.

Cabe destacar, que si bien solamente para este análisis se tuvieron en cuenta OC cortas, de no más de 5 días, se presentaron en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, OC que duraron hasta 63 días, como lo acaeció en el año 1992 en la localidad de Rq. En Rf en el 1997 una OC de 39 días, en Rs en el 2001 una de 30 días. En SV en los años 1996 y 1999 se presentaron OC de 50 días. En Cr en el 1989 se presentó una OC que duró alrededor de 70 días, en los años 1996 y 1997 se presentaron OC que duraron 46 días y más recientemente en el 2001 una OC de 63 días de duración.

CONCLUSIONES

En las condiciones actuales se presentan situaciones de estrés, no solo en la época estival, sino también en otoño y primavera que afectan el bienestar y el desempeño de los rodeos de origen europeo.

El índice de mitigación indicaría la necesidad de implementar pautas de manejo que

incluirían modificaciones ambientales y nutricionales.

BIBLIOGRAFIA

- ALONSO, J. L.; R. E. SEGURO; O. J. GARNERO; J. D. BERTERO; J. G. BER-TOLI; P. E. LEVA & S. E. VALTORTA.** 2001. Meteorological Effects on Reproduction of Grazing Dairy Cows. En: RR Stowell, R. Bucklin y RW Bottcher (Eds.) Livestock Environment VI, ASAE, St. Joseph MI, USA pp: 426-431
- AMS.** 1989: *Glossary of Meteorology*, 5th Edition. Am. Meteorological Society, Boston, MA.
- AMSTRONG, D. V.** 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. *J. Dairy Sci.* 77:2044-2049.
- BADINGAL, R. J. COLLIER; W. W. THATCHER. & C. J. WILCOX.** 1985. Effects of climate and management factors on conception rates of dairy cows in subtropical environment. *J. Dairy Sci.* 68: 78-85
- BERMAN A. & D. WOLFENSON.** 1992. Environmental modifications to improve production and fertility. En: Van Horn HH, Wilcox CJ (Eds.) Large dairy herd management. Amer. Dairy Assoc. Champaign, IL. USA: 126-134
- DEPETERS, E. J. & J. D. FERGUSON.** 1992. Nonprotein nitrogen and protein distribution in milk of cows (A review). *J. Dairy Sci.*, 75(11):3192-3209.
- HAHN, G. L.; T. L. MADER & R. A. EIGENBERG.** 2003. Perspective on development of thermal indices for animal studies and management. Simposio sobre "Interactions between climate and animal production". Viterbo, Italia. Septiembre 2003.
- HAHN, G. L.** 1999. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *J. Anim. Sci.*, 77 (supplement 2), 10-20.
- HAHN, G. L.; T. L. MADER; J. B. GAUGHAN; Q. HU. & J. A. NIENABER.** 2000. Heat waves and their impacts on feedlot cattle. In: de Dear, R.J.; Kalma, J.D.; Oke, T.R.;

- A. Auliciems, A. (eds.) *Biometeorology and Urban Climatology at the turn of the millennium: Selected papers from the Conference ICB-ICUC '99 (Sydney, 8-12 November 1999)*. WMO/TD-N° 1026. WMO, Geneva. Pp 353-357
- HAHN, G. L.; R. A. EIGENBERG; J. A. NIENABER & E. T. LITLEDIKE.** 1993. Measuring physiological responses of animals to environmental stressors using a microcomputer-based portable datalogger. *J Anim Sci* 68:2658-2665
- IUC** (Information Unit for Conventions) - United Nations Environment Programme. 2002. *Climate disasters and extreme events*. Climate change information sheet 16. <http://www.unep.ch/iuc/submenu/infokit/fact16.htm> Acceso June 22nd
- JOHNSON, H.D.** 1987. Bioclimate effects on growth, reproduction and milk production. Parte 2, cap. 3 en: *Bioclimatology and the adaptation of livestock*. Elsevier, Amsterdam.
- KIBLER, H.H. & S. BRODY.** 1950. Effects of temperature, 50 to 105 F and 50 to 9 F on heat production and cardiorespiratory activities in Brahman, Jersey and Holstein cows. Research Bulletin 464. Missouri Agricultural Experiment Station and the United States Department of Agriculture Cooperating, assisted by the Office of Naval Research. Columbia, MO.
- LEVA, P. E.; S. E. VALTORTA & L. V. FORNASERO.** 1997. Milk production declines during summer in Argentina: present situation and expected effects of global warming. Proceedings of the 14th International Congress of Biometeorology, Ljubljana, Eslovenia, 1-8 septiembre 1996. Part 2, Vol. 2: 395-401.
- LEVA, P. E.; M. S. GARCÍA; M. A. VELES & S. E. VALTORTA.** 2000. Ganado lechero en la cuenca central Santa Fe-Córdoba: efecto del estrés estival e impacto esperado del cambio global.
- MADER, T.** 2001. Heat load management of feedlot cattle. Proceedings, 6th International Livestock Environment Symposium. St. Joseph, MI: American Society of Agricultural Engineers, p. 147-153.
- NIENABER, J. A.; G. L. HAHN; R. A. EIGENBERG; T. M. BROWN-BRANDL & J. B. GAUGHAN.** 2001. Feed intake response of heat challenged cattle. In: Stowell, R.R.; Bucklin, R.; Bottcher, R.W. (eds.) *Livestock Environment VI: Proceedings of the sixth international symposium, Louisville, Kentucky*. ASAE, St. Joseph, MI, 49085-9659, USA. Pp: 154-164.
- OLIVER, J. C.; H. M. HELLMAN; S. E. BISHOP; C. L. PELISSIER & L. F. BENNETT.** 1979. Heat stress survey. *Calif. Agric.* 33:6-8.
- RODRÍGUEZ, R. O.; M. G. HERRERA & A. D. BLASÓN.** 2003. Frecuencia duración e intensidad de las olas de calor en la Argentina. Trabajo presentado en el Congreso Brasileiro ed Agrometeorología. Florianópolis. Septiembre 2003.
- SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL.** 2006. Estadísticas Meteorológicas. Buenos Aires. Argentina
- THOM, E.C.** 1959. "The Discomfort Index," *Weatherwise*, Vol. 12: 57-59.
- VALTORTA, S. E.; P. E. LEVA; M. R. GALLARDO; L. V. FORNASERO; M. A. VELES & M. S. GARCÍA.** 1997. Producción de leche: Respuestas a la alta temperatura. Archivos Latinoamericanos de Producción animal Vol 5: 11: 309-401. Maracaibo. Venezuela.
- VALTORTA, S. E. & P. E. LEVA.** 1998. Respuestas del animal al ambiente. En: Producción de leche en verano. Centro de Publicaciones, UNL, Santa Fe: 21-37
- VICENTINI, G. R.; S. E. VALTORTA; J. E. B. OSTROWSKI; P. E. WEIDMANN & P. E. LEVA.** 1991. Eficiencia reproductiva de vacas de producción mayor a 4000 kg de leche en la cuenca central de Santa Fe. II: Factores ambientales que afectan la tasa de concepción en tambos comerciales con asistencia veterinaria y control nutricional. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 11: 319-325.