

ESTRÉS TÉRMICO Y SÍNDROME DISTÉRMICO EN BOVINOS PARA CARNE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Joaquín I. ARMENDANO^{1*}, Anselmo C. ODEÓN^{1,2}, Santiago S. CALLEJAS³, Laura ECHARTE^{1,2,4}, Ernesto R. ODRIOZOLA²

¹ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina

² Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria Balcarce, Argentina

³ Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina

⁴ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina

* armendano.joaquin@inta.gob.ar

* jiarmendano@hotmail.com

RESUMEN

El estrés térmico (ET) y el síndrome distérmico (SD; también denominado síndrome de hipertermia o asoleamiento) han sido vinculados en bovinos para carne de la provincia de Buenos Aires casi exclusivamente al consumo de ergocalcoides (EA) en verano, tanto por pastoreo de festucas infectadas con hongos endófitos (festucas E+), como por el consumo de esclerotos de *Claviceps purpurea* (ergotismo distérmico). Igualmente, en los últimos años, las evidencias de variación climática han generado nuevos interrogantes sobre el potencial impacto productivo que pueden llegar a tener por sí solos los ambientes con elevada temperatura, además del efecto que podría tener esto sobre la severidad de los cuadros asociados al consumo de EA. A su vez, también resulta importante considerar el posible impacto del cambio climático en la disponibilidad de fuentes de EA, en particular de *C. purpurea*, cuyo ciclo de vida y consecuentemente los niveles de infección, están íntimamente relacionados con las condiciones climáticas.

Considerando el aumento de los cuadros clínicos y mortandades asociados al consumo de EA que se han registrado en los últimos 2 años en provincia de Buenos Aires, el objetivo de la primera parte de este trabajo será revisar los principales aspectos relacionados con esta problemática, con mayor énfasis en las diferentes fuentes de EA, curso de la intoxicación, valoración clínica de los animales con ET y SD, factores que influyen sobre la ocurrencia de mortandades, pérdidas productivas asociadas (menores ganancias de peso, pérdidas reproductivas), aspectos epidemiológicos, enfoque diagnóstico y medidas generales de prevención y control. La otra parte del trabajo tiene como objetivo comprender el potencial impacto que pueden tener los ambientes con elevada temperatura sobre la productividad animal, independientemente de la presencia de fuentes de EA. Para esto se definirá el concepto de ET en función del índice de temperatura y humedad (ITH) y se describirá la evolución de las condiciones de ET en la provincia de Buenos Aires en los últimos 30 años, en términos de intensidad, duración y frecuencia de exposición. Además, se realizará una breve mención de los pronósticos elaborados para el mediano y largo plazo. Por último, se hace referencia a los posibles efectos adversos sobre los diferentes sistemas de producción y las diferentes alternativas disponibles para prevenir el impacto productivo del ET.

Palabras claves. Estrés térmico, síndrome distérmico, ergocalcoides, *Epichloë coenophiala*, *Claviceps purpurea*, cambio climático, bovinos para carne

1. ALTERACIONES ASOCIADAS AL CONSUMO DE ERGOALCALOIDES EN VERANO

1.1. INTRODUCCIÓN

Las alteraciones asociadas al consumo de ergoalcaloides (EA) en verano se encuentran ampliamente caracterizadas en la bibliografía veterinaria tanto nacional como internacional, ligado tanto al pastoreo de festucas infectadas con hongos endófitos (**festucas E+**)^(10,29,30,60,71,81) como al consumo de esclerotos de **Claviceps purpurea** (ergotismo distérmico), ya sea esto último por pastoreo de gramíneas infectadas^(34,64,66,72,76) o por consumo de raciones contaminadas^(33,37,39,61,68).

Igualmente, más allá de que estos trastornos han sido diagnosticados en el país desde hace más de tres décadas, el aumento de consultas y de grandes mortandades que se han producido en los últimos años en la provincia de Buenos Aires^(66,67) justifican realizar una revisión de los principales aspectos.

1.2. FUENTES DE CONSUMO DE ERGOALCALOIDES

Bajo la denominación de **ergoalcaloides** se agrupa a un gran conjunto de metabolitos secundarios producidos por especies fúngicas de la familia **Clavicipitaceae**. Dentro de estas especies deben citarse, por su mayor importancia, al **Epichloë coenophiala*** y al **Claviceps purpurea**. El primero se caracteriza por ser una especie endófito que infecta a la festuca alta (*Lolium arundinaceum*)† sin ser observable macroscópicamente (foto 1.1)^(11,25), mientras que el segundo es una especie no endófito que puede ser detectada mediante visualización directa de sus formas de resistencia (**esclerotos**; foto 1.2), las cuales reemplazan a las semillas de las plantas que infectan. Este último hongo, a diferencia de *E. coenophiala*, es capaz de infectar a una mayor cantidad de especies de gramíneas, ya sean **especies forrajeras** como por ejemplo raigrás (*Lolium spp.*), festuca alta o pasto ovillo (*Dactylis glomerata*), **especies de campo natural** como *Paspalum spp.* o *Setaria spp.*, o **cereales** como centeno (*Secale cereale*), trigo (*Triticum aestivum*), avena (*Avena sativa*) y cebada (*Hordeum vulgare*). Además, otro aspecto que lo diferencia del endófito de la festuca es su dependencia de las condiciones climáticas para el desarrollo del ciclo de vida, hecho que se traduce en una mayor variabilidad interanual de los niveles de infección⁽⁴¹⁾.

Existen otras especies fúngicas que pueden constituir una fuente de EA para los bovinos. Entre ellas, otro hongo endófito a considerar es el **Epichloë festucae var. lolii**‡ que infecta al raigrás perenne (*Lolium perenne*), pero a diferencia de lo que ocurre con *E. coenophiala*, la producción de EA representa en la mayoría de los casos una baja proporción del total de metabolitos tóxicos producidos por el hongo, siendo el lolitrem B (neurotóxico) el que se produce en mayor concentración⁽³¹⁾. Debido a esto, es más frecuente observar el cuadro neurológico tremorgénico, denominado tembladera del raigrás (*Ryegrass Staggers*)⁽²³⁾, mientras que los reportes de estrés térmico (**ET**) o síndrome distérmico (**SD**) asociado al consumo de raigrás infectado son relativamente pocos⁽¹⁸⁾.

1.3. TIPOS DE ERGOALCALOIDES

Entre los EA producidos por las diferentes especies, la **ergovalina** y la **ergotamina** han sido caracterizados como los más potentes en términos tanto de intensidad como de duración del efecto tóxico^(20,62), considerándose al primero como el principal EA producido por el *E. coenophiala*⁽¹⁷⁾, mientras que el segundo es producido en mayor concentración por *C. purpurea*⁽⁶⁹⁾.

La concentración y la proporción de los diferentes EA es muy variable⁽²⁵⁾, con valores promedios cercanos a 250000 ppm en el caso de los esclerotos de *C. purpurea*⁽⁸⁹⁾, mientras que en festucas E+ la concentración puede ir desde 0,2 a 0,6 ppm en tallo y hoja hasta 2,0 a 4,0 ppm en las semillas⁽¹⁹⁾. Si bien los niveles de EA son mucho mayores para *C. purpurea*, estas grandes diferencias pueden verse compensadas considerando que en caso de estar presentes los esclerotos, estos representarían solo una baja proporción del alimento que consume diariamente el animal, a diferencia de lo que ocurriría con la festuca E+, que representaría una proporción relativamente elevada del alimento consumido, aumentando el riego y la severidad de la intoxicación en la medida que el porcentaje de plantas infectadas sea mayor y la pastura presente un bajo grado de consociación, con predominio de esta especie forrajera.

En relación con lo anterior, se considera que una festuca presenta una infección **moderada** con endófito en aquellos casos en los cuales el **20-35%** de las plantas se encuentran infectadas, mientras que infecciones mayores al **50%** son consideradas **altas**⁽⁸³⁾, **debiendo ajustarse estos valores de acuerdo al grado de consociación que tenga la pastura analizada**.

Para el caso de *C. purpurea*, se menciona que el riesgo de intoxicación aparece cuando las **raciones** presentan un nivel de contaminación con esclerotos del **0,02% a 0,8%**. Debe tenerse en cuenta que el procesamiento previo de algunos subproductos de cereales impide el reconocimiento de los esclerotos⁽⁶⁵⁾, por lo que es necesario el uso de técnicas complementarias como la cromatografía en capa delgada (TLC), el ELISA o la cromatografía líquida de alta performance (HPLC), para la detección y cuantificación de los EA⁽⁴²⁾. Como ejemplo de esto puede citarse al **afrechillo de trigo**, cuyo uso como suplemento proteico es una práctica muy difundida en el país⁽⁵⁸⁾.

* Ex *Neotyphodium coenophialum*, *Acremonium coenophialum* o *Epichloë typhina*

† Ex *Festuca arundinacea*

‡ Ex *Neotyphodium lolii* o *Acremonium lolii*

En el caso de las **pasturas** infectadas por *C. purpurea*, se citan como tóxicas a aquellas que presentan afectadas al 25% de las semillas⁽³³⁾, aunque en la casuística 1991-2015 del Servicio de Diagnóstico Veterinario Especializado (SDVE) del INTA EEA Balcarce existen registros de cuadros clínicos en pastoreo con niveles de infección menores al 5%. Además, así como en el caso de las festucas E+ es importante el porcentaje de consociación, en el caso de *C. purpurea* el porcentaje de infección en pastoreo debería ser interpretado considerando el tipo y disponibilidad de forraje, ya que de ser posible, el animal consumirá en menor proporción las partes de la planta donde se encuentran los esclerotos.



Foto 1.1. Muestra de festuca alta (Coloración con azul de anilina. 40X): Presencia de hifas de *E. coenophiala* (flechas). Foto cortesía del SDVE – INTA EEA Balcarce.

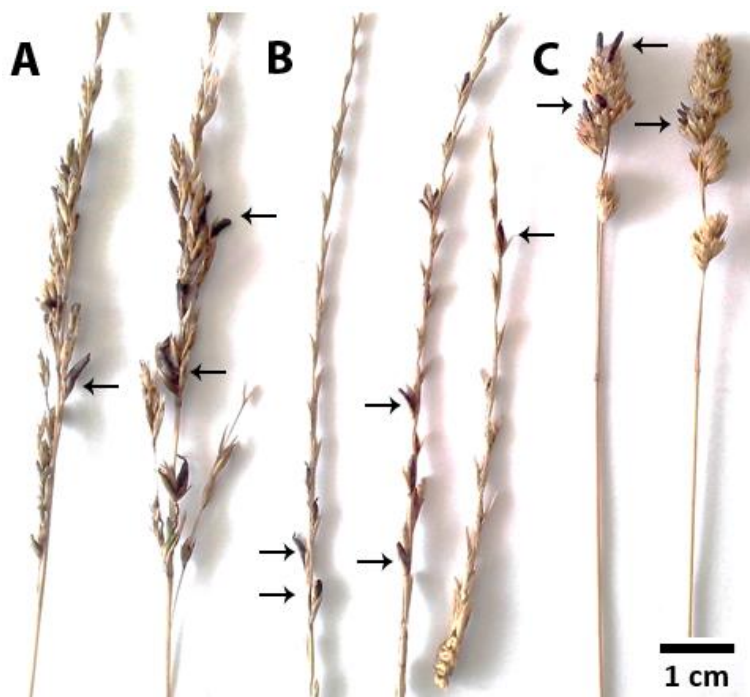


Foto 1.2. Presencia de esclerotos de *C. purpurea* (flecha) en muestras de festuca alta (*Lolium arundinaceum*; A), raigrás anual (*Lolium multiflorum*; B) y pasto ovillo (*Dactylis glomerata*; C). Las muestras fueron tomadas el 31 de Diciembre de 2014 en un establecimiento ubicado en el partido de Olavarría, Buenos Aires.

1.4. DOSIS TÓXICA Y RESIDUALIDAD DEL EFECTO TÓXICO DE LOS EA

La **dosis tóxica** de EA es de aproximadamente 0,3 a 0,5 mg/KgPV⁽⁸⁴⁾ y es necesario en general un tiempo de exposición de aproximadamente 14 a 21 días para la aparición de los signos^(37,61,72,76), aunque también se ha observado la aparición cuadros clínicos luego de sólo 8 días de exposición⁽³⁹⁾.

Debido a la **residualidad de la acción tóxica** de los EA, la recuperación de los animales comienza luego de transcurridos aproximadamente 14 a 21 días del cese del consumo del alimento contaminado⁽⁶⁵⁾, alcanzándose la recuperación total del animal luego de 2 a 6 meses^(61,72).

En relación con lo último, debe tenerse en cuenta en qué momento se realiza el conteo de esclerotos en la pastura, ya que como se observa en la muestra de raigrás de la foto 1.2, la cuantificación realizada en forma tardía puede llevar a una subestimación del conteo, producto de la caída de las semillas y de los esclerotos de la espiga, lo cual no implica que los animales no hayan consumido previamente una gran cantidad de material tóxico y, debido a esa residualidad de la acción tóxica, puedan manifestar los signos clínicos en días posteriores, en los que los porcentajes de infección sean menores, pero la temperatura ambiental sea mayor o los animales sean sometidos a algún tipo de esfuerzo físico. Esto explicaría a su vez, junto con el efecto que ejercen las condiciones ambientales y la gran variabilidad que presentan los esclerotos en su contenido de EA, por qué muchas veces se observan cuadros clínicos en pasturas con niveles de infección mucho menores al 25% mencionado en la bibliografía. También debería considerarse la posibilidad de infección conjunta con hongos endófitos y *C. purpurea*, hecho que llevaría a una potenciación del efecto tóxico de las plantas consumidas.

1.5. AFECCIÓN EN LOS ANIMALES

1.5.1. Estrés térmico y síndrome distérmico

Se denomina **estrés térmico** (o **estrés calórico**)[§] al conjunto de cambios que se desencadenan en los animales en ambientes con elevada temperatura⁽⁷³⁾, los cuales llevan a una disminución en la eficiencia productiva⁽²¹⁾. Los signos

[§] Si bien el término **estrés térmico** y **estrés calórico** se emplean prácticamente como sinónimos, debe tenerse presente que el primer término puede ser utilizado para hacer referencia tanto a condiciones de estrés por calor como por frío.

de ET observados en la mayor parte de los casos son el aumento de la frecuencia respiratoria, aumento del consumo de agua, búsqueda de sombra, y a medida que las condiciones estresantes son más severas comienza a observarse jadeo, salivación excesiva, distrés respiratorio y protrusión de la lengua ⁽⁶⁵⁾. Este conjunto de signos ha sido utilizado para la elaboración de un score de jadeo (tabla 1.1; foto 1.3) ^(49,52), que si bien fue desarrollado para evaluar el nivel de ET en animales de *feedlot* que no consumían EA, es igualmente de utilidad para evaluar los severidad de la intoxicación de los animales.

Tabla 1.1. Score de Jadeo. *Extraído de Mader et al.* ^(49,52).

Score	FR	Observaciones
0	<60	Respiración Normal.
1	60-90	Respiración ligeramente elevada.
2	90-120	Jadeo moderado con o sin salivación leve.
3	120-150	Jadeo con la boca marcadamente abierta, generalmente con salivación.
4	>150	Jadeo con la boca muy abierta y protrusión de la lengua. Excesiva salivación.



Foto 1.3. Ejemplos de score de jadeo. A. Score 2: Jadeo moderado, con salivación leve. Foto: SDVE – INTA EEA Balcarce. B. Score 3: Jadeo con la boca marcadamente abierta y salivación moderada. Foto extraída de Arias et al., ⁽⁶⁾. C. Score 4: Jadeo con la boca marcadamente abierta, protrusión de la lengua y salivación excesiva. Foto: SDVE – INTA EEA Balcarce.

El **síndrome distérmico** se caracteriza por la presencia de los signos de ET mencionados anteriormente, acompañados por una insuficiencia de los animales para eliminar el exceso de calor, producto la vasoconstricción periférica promovida por los EA ^(17,40,59). Debido a esto, el flujo sanguíneo hacia la piel se ve disminuido, impidiéndose así la correcta pérdida de calor, adquiriendo esto mayor importancia cuando la temperatura ambiente supera los 25°C ⁽⁶⁴⁾. Consecuentemente se produce un marcado incremento en la temperatura rectal de los animales, que llega a valores de 40 a 42°C ⁽⁶⁵⁾. Los bovinos afectados buscan continuamente fuentes de sombra ^(37,72,76) y es característico observar a los animales dentro de cualquier fuente de agua a la que puedan tener acceso (foto 1.4) ^(37,39,61,72). Los signos son más evidentes en los días y momentos del día con mayor temperatura ^(37,72).



Foto 1.4. Vacas con cría consumiendo una pastura a base de festuca alta con un 90% de infección con *E. coenophiala*. El brote de SD se produjo el mes de marzo de 2015 en Maipú, provincia de Buenos Aires. La semana del problema las temperaturas máximas oscilaron entre los 26 a 30 °C. Se produjo la muerte de 19/66 vacas y 12 terneros. Las muertes se produjeron luego de moverse la hacienda entre las 8:30 y 10:30 de la mañana. El agua que consumían los animales presentaba un contenido de sales totales de 9000 ppm (Máximo tolerado: 7000 ppm). Foto e información del SDVE – INTA EEA Balcarce.

1.5.2. Muerte por golpe de calor

La **muerte** de los animales con SD no siempre ocurre, aunque el riesgo aumenta marcadamente cuando la temperatura ambiental supera los 30°C⁽⁶⁵⁾. A su vez, las mortandades reportadas en la bibliografía internacional se vinculan mayormente a la intoxicación con *C. purpurea*⁽⁸⁾, aunque en la casuística 1991-2015 del SDVE del INTA EEA Balcarce, además de las mortandades asociadas al consumo de *C. purpurea* (\pm 75% de los casos presentaron muerte de animales), también se han registrado muertes en aproximadamente un 30% de los brotes de SD vinculados al consumo de festucas E+.

Es importante considerar que además del **nivel de infección** por endófitos y/o *C. purpurea* y de las **altas temperaturas**, deben citarse a la frecuencia de exposición a esas altas temperaturas (**olas de calor**), los **movimientos de la hacienda** y/o la presencia de **agua de mala calidad** como los principales **factores de riesgo** asociados a la aparición de brotes de SD con muerte de animales. La **ausencia de sombra** también sería un factor a tener en cuenta.

1.5.3. Pérdidas productivas asociadas al ET y SD

Existen pérdidas asociadas al ET y al SD, tales como las bajas ganancias de peso, caída en la producción láctea y bajas performances reproductivas, debiendo tenerse en cuenta que muchas de éstas pueden producirse inclusive en animales que no manifiesten los signos clínicos mencionados anteriormente⁽⁶⁵⁾.

Existen numerosos trabajos en donde se ha observado una marcada disminución de la ganancia de peso vivo en animales consumiendo festuca E+^(36,60,70), las cuales comienzan a observarse a partir de un 20-30% de infección, esperándose pérdidas en la ganancia de aproximadamente 45 g por día por cada 10% que aumente el nivel de infección por encima del umbral mencionado⁽⁸¹⁾. Un efecto similar ha sido observado en animales consumiendo raciones contaminadas con esclerotos de *C. purpurea*^(33,39). Además, se ha observado que los animales que se encuentran consumiendo festucas E+ presentan un desmejoramiento del manto piloso caracterizado por la presencia de pelo largo, descolorido y sin brillo⁽⁸⁶⁾.

Con respecto a la producción de leche, el efecto de los EA sobre la lactogénesis, producto de la caída de los niveles de prolactina⁽³²⁾, ha sido asociado en bovinos para carne con una disminución de 45-50% en la producción de leche⁽⁷¹⁾, aunque el impacto que esto puede tener sobre la productividad de los sistemas de bovinos para carne no ha sido cuantificado en el país.

En el área **reproductiva**, si bien se han documentado efectos directos de los EA⁽⁸⁸⁾, los principales efectos negativos sobre la reproducción estarían dados por la incapacidad del animal de regular la temperatura corporal en forma eficiente, con lo que se alteraría la función ovárica y el desarrollo embrionario, aumentando consecuentemente el porcentaje de **mortalidad embrionaria**⁽⁷⁾.

En lo que respecta a **pérdidas fetales**, existe solo un reporte de un presunto brote de abortos (11/36 vacas) atribuible al consumo en pastoreo de un raigrás con alto nivel de infección por *C. purpurea*⁽⁴⁾, aunque en el mismo reporte se hace referencia a lo inusual del evento, considerando los numerosos reportes de animales con preñeces avanzadas que llevaban sus gestaciones a término pese a mostrar severos signos de afección por EA (gangrenas). Por otro lado, considerando solo el efecto de las altas temperaturas sobre el riesgo de aborto, también existe solo un reporte donde en condiciones experimentales 2 vacas Holstein con gestaciones avanzadas abortaron luego de permanecer 27 hs. a 38°C⁽⁶³⁾, algo difícilmente reproducible en condiciones naturales. **Considerando todos estos antecedentes, se considera que las pérdidas se darían durante la etapa embrionaria de la gestación**^(75,87).

Además de los efectos sobre las hembras, deben considerarse los efectos adversos que se producirían en los reproductores machos, donde el efecto directo de los EA se ha asociado a alteración de la motilidad de los espermatozoides⁽⁸⁸⁾ o alteraciones en la circulación testicular, con disminución de la fertilidad del semen⁽⁷⁴⁾. A su vez los efectos del ET han sido vinculados a pérdida de libido⁽⁴⁶⁾ y alteración en la calidad espermática^(38,54), que puede llegar producirse rápidamente si el ET es severo⁽⁷⁹⁾ y tardar hasta 8 semanas en recuperarse si la duración del ET es prolongada⁽⁵⁴⁾.

En resumen, la performance reproductiva se ve afectada por efectos directos de los EA, pero principalmente por el ET que sufren los animales, el cual afecta diferentes puntos de la fisiología reproductiva, tales como actividad estral en hembras, libido en machos, calidad de los ovocitos, calidad espermática y viabilidad de los embriones. Igualmente, **si bien se conocen los principales mecanismos, se desconoce exactamente cuál de todos ellos sería más sensible y por ende responsable de la mayor cantidad de pérdidas que se pueden producir en un servicio natural.**

1.6. ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS

Por lo general el SD presenta tasas de morbilidad que varían entre 25 y 100%^(33,37,61,64,72), con tasas de mortalidad registradas en la casuística 1991-2015 del SDVE del INTA EEA Balcarce, que van aproximadamente desde el 0 a 15% en los brotes asociados a *C. purpurea* y 0 a 25% en los asociados a festuca E+.

A su vez, según la casuística del SDVE, los casos de SD asociados a festucas E+ se han registrado desde noviembre hasta abril, mientras que los asociados a *C. purpurea* en pastoreo se observan principalmente asociados al consumo de raigrás en diciembre y enero (eventualmente se registra algún caso en febrero), al ser estos los meses en los que la oferta de esclerotos es mayor y las temperaturas son altas. Se han presentado casos de ET/SD asociados a *C.*

purpurea en los meses de marzo y abril, pero los mismos han sido producto del consumo de afrechillo de trigo o grano de avena contaminados con esclerotos.

Considerando los distintos sistemas de producción de bovinos para carne, la mayor cantidad de diagnósticos de SD se han realizado en rodeos de cría ($\pm 60\%$), seguido por las invernadas pastoriles ($\pm 25\%$) y el engorde a corral ($\pm 15\%$), siendo estas diferencias atribuibles, al menos en parte, al diferente grado de exposición que presenta cada uno de los sistemas mencionados a las fuentes de EA.

1.7. DIAGNÓSTICO

El diagnóstico del SD se basa principalmente en **criterios clínicos y epidemiológicos**. Los datos más importantes a tener en cuenta serán: nivel de infección por *E. coenophiala* y/o *C. purpurea*, mes del año en que se producen los cuadros clínicos, condiciones ambientales, signología clínica e índices epidemiológicos. **Para el correcto diagnóstico será importante encontrar concordancia entre la magnitud del problema, el nivel de infección y las condiciones ambientales, considerando el efecto de algunos otros factores tales como el movimiento de la hacienda, falta de sombra y/o agua de mala calidad.**

En el caso de las pérdidas productivas asociadas al SD, tales como las bajas ganancias de peso y/o baja performance reproductiva, además de los aspectos mencionados anteriormente, será importante considerar algunos diagnósticos diferenciales que inclusive podrían potenciarse con los efectos del calor. Entre algunos de ellos podrían citarse a la parasitosis gastrointestinal y la deficiencia de cobre en animales que presentan bajas ganancias de peso y mal estado general, mientras que en los casos de baja eficiencia reproductiva siempre deberá considerarse el efecto de la condición corporal al parto y durante el servicio, y a las enfermedades venéreas y algunas enfermedades infecciosas. En estos casos, es importante tener en cuenta que muchas veces en el momento en el que se constata la pérdida, si bien se está todavía a tiempo de determinar el nivel de infección por *E. coenophiala* en festuca, ya es tarde para contabilizar la presencia de esclerotos, lo cual refuerza la importancia de realizar el conteo durante las recorridas de verano, inclusive aunque no se observen signos clínicos en los animales.

Con respecto a los hallazgos de necropsia, no se han reportado lesiones macroscópicas características⁽⁶⁵⁾, mencionándose en algunos casos, solo la presencia de enfisema pulmonar⁽³³⁾, coloración pálida de la musculatura esquelética y elevada temperatura del cadáver. Debe tenerse en cuenta que los hallazgos no son de gran valor para el diagnóstico de SD, por tratarse de lesiones de tipo inespecíficas y que además deben ser correctamente interpretadas de acuerdo al tiempo transcurrido desde la muerte, ya que la elevada temperatura del animal en el momento de la muerte, junto con la elevada temperatura ambiental que acompaña a estos cuadros, aceleran marcadamente la aparición de cambios *post mortem* (autolisis), no debiendo ser considerados estos últimos como característicos del SD.

1.8. PREVENCIÓN Y CONTROL

La prevención de los problemas clínicos y subclínicos asociados al consumo de EA requiere como primera medida **conocer el porcentaje de infección** con *E. coenophiala* de las pasturas con festuca del establecimiento⁽¹¹⁾, debiendo interpretarse dicho nivel de infección contexto de cuanto representa la festuca en la pastura (considerar el porcentaje de consociación). En el caso de las infecciones por *C. purpurea*, será importante la recorrida de los potreros en los meses en los que se espera la mayor infección (Diciembre-Enero). También es importante realizar el análisis de los alimentos que representan mayor riesgo de contaminación con EA, principalmente el afrechillo de trigo.

En los meses de verano lo ideal es **evitar que el servicio o la invernada de los animales se lleven a cabo en pasturas con alto grado de infección**. Este tipo de medida será más difícil de implementar en la medida que el establecimiento presente un alto porcentaje de los potreros ($>30\%$) con niveles de infección que puedan afectar la performance de los animales. Bajo estas circunstancias será necesario planificar el recambio de alguna de las pasturas, debiendo iniciarse por aquellas que presenten un mayor nivel de infección y menor grado de consociación, utilizando para el reemplazo semillas libres de endófito. En relación con esto último, debe mencionarse que en los últimos años se han empezado a comercializar en algunas partes del mundo como Australia, Nueva Zelanda y Estados Unidos, semillas que presentan endófitos modificados ("endófitos amigables"), los cuales le confieren a la planta las mismas ventajas agronómicas que presentan las festucas E+, pero no presentarían ningún riesgo sobre el animal⁽¹⁴⁾.

Por último, en los casos en los que se presenten cuadros clínicos de SD, la **disponibilidad de agua en cantidad y calidad** y la **sombra** serán puntos fundamentales para aliviar el efecto del calor sobre los animales, aunque no siempre se puede contar con esto. Es fundamental **evitar el movimiento de los animales**, para evitar que el esfuerzo físico exacerbe los efectos del calor en los animales intoxicados. Con respecto a esto, y considerando que la época de calor coincide con movimientos obligados de la hacienda (campañas obligatorias de vacunación), se recomienda **realizar las actividades en los momentos del día donde las temperaturas son menores**, siendo importante remarcar la importancia del **uso de la información meteorológica** a los fines de evitar planificar las actividades en los días con pronósticos de altas temperaturas.

2. VARIACIÓN CLIMÁTICA EN LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES: POTENCIAL IMPACTO Y FUTUROS DESAFÍOS

2.1. INTRODUCCIÓN

El efecto del calor sobre la productividad de diferentes sistemas de producción ganaderos, sin considerar el efecto de los EA, también ha sido ampliamente estudiado ⁽²¹⁾.

En provincia de Buenos Aires, la mayor proporción de los bovinos para carne pertenecen a razas no adaptadas a las altas temperaturas, pero debido a las condiciones de clima templado de esta región ⁽⁵⁷⁾, el calor no ha sido vinculado a grandes pérdidas productivas. Sin embargo, la evidencia inequívoca del cambio climático a nivel mundial ⁽³⁵⁾ y nacional ^(53,77), y el aumento en los últimos años de las consultas por posibles efectos adversos del calor sobre aspectos productivos, tales como la ganancia de peso y la eficiencia reproductiva ⁽⁶⁷⁾, han generado un nuevo interrogante acerca del impacto del calor sobre la producción.

Además, otro interrogante que surge, es qué impacto puede tener esa variación climática sobre el desarrollo del ciclo de vida del *Claviceps purpurea*, considerando que un aumento en los niveles de infección podrían aumentar la sensibilidad de los bovinos a los efectos de calor.

2.2. INTERACCIÓN ANIMAL-AMBIENTE CLIMÁTICO

2.2.1. Variables ambientales y condiciones de estrés térmico

Las variables meteorológicas que influyen sobre el confort térmico de los animales son: la **temperatura del aire** (T°; o temperatura del bulbo seco), la **humedad relativa (HR)**, la **radiación solar (RS)** y la **velocidad del viento (VV)**. Teniendo en cuenta esto, para estimar el nivel de ET térmico al cual se encuentra expuesto un animal se han desarrollado diferentes índices de confort térmico, en los cuales se contempla en forma conjunta el efecto de al menos dos de las variables mencionadas anteriormente ⁽²⁸⁾.

De todos los indicadores desarrollados hasta el presente, el más conocido es el **índice de temperatura y humedad (ITH)**, una adaptación del **índice de desconfort** desarrollado por Thom hacia fines de la década del 50 ⁽⁸²⁾, que emplea la T° y la HR como parámetros para estimar el nivel de ET, mediante la siguiente fórmula:

$$ITH = (1,8 \times T^{\circ} + 32) - (0,55 - 0,55 \times HR / 100) \times (1,8 \times T^{\circ} - 26) \quad (1)$$

Donde:

- T° es la temperatura del aire expresada en °C
- HR es la humedad relativa expresada en %

A su vez, el **índice de seguridad climática para el ganado (LWSI)** categoriza la intensidad del ITH, estableciendo que en bovinos para carne, un ITH ≥ 75 se considera nivel de **alerta**, valores de ITH ≥ 79 son considerados de **peligro** y valores de ITH ≥ 84 son denominados de **emergencia** (tabla 2.1) ⁽⁴⁴⁾. Las mismas categorías pueden expresarse como **estrés leve**, **estrés moderado** o **estrés severo**, respectivamente, siendo esta una nomenclatura similar a la utilizada en bovinos para leche, aunque los valores que definen cada categoría difieren entre ambos biotipos ⁽⁶⁾.

Debe considerarse igualmente, que si bien el uso del ITH ha sido muy difundido y aun continua vigente, se han realizado numerosas modificaciones y desarrollo de nuevos índices, en la mayoría de los casos incorporando el efecto de la RS y/o la VV, con el objetivo de predecir en forma más precisa el potencial efecto del ambiente climático sobre el animal ^(15,24,28,50,51).

En contrapartida a lo mencionado anteriormente, la combinación del relativamente poco uso que se les ha dado históricamente a estos indicadores en la producción de carne en la provincia de Bs. As., sumado a la mayor complejidad de cálculo de los indicadores desarrollados más recientemente y a las dificultades que se presentan muchas veces para acceder a toda la información meteorológica necesaria para el cálculo de estos, han resultado en pérdida de practicidad y consecuentemente un menor uso de la información meteorológica con fines productivos.

Tabla 2.1. Nivel de estrés térmico en bovinos para carne según el ITH, empleando la categorización del LSWI.

		Humedad Relativa (%)										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Temperatura (°C)	38	77	79	82	84	86	89	91	93	96	98	100
	37	76	79	81	83	85	87	90	92	94	96	99
	36	75	78	80	82	84	86	88	90	93	95	97
	35	75	77	79	81	83	85	87	89	91	93	95
	34	74	76	78	80	82	84	85	87	89	91	93
	33	73	75	77	79	80	82	84	86	88	90	91
	32	72	74	76	77	79	81	83	84	86	88	90
	31	71	73	75	76	78	80	81	83	85	86	88
	30	71	72	74	75	77	78	80	81	83	84	86
	29	70	71	73	74	76	77	78	80	81	83	84
	28	69	70	72	73	74	76	77	78	80	81	82
	27	68	69	71	72	73	74	76	77	78	79	81
	26	67	69	70	71	72	73	74	75	77	78	79
	25	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77
24	66	67	68	69	70	70	71	72	73	74	75	
23	65	66	67	67	68	69	70	71	72	73	73	

■ Normal ■ Alerta ■ Peligro ■ Emergencia

Sería ideal que en el futuro cercano la utilización de los indicadores de ET se vea facilitada, aunque es importante igualmente poder contar con alguna herramienta alternativa de fácil acceso e interpretación. En este sentido, el uso sólo de la **temperatura del aire** (Figura 2.1), un dato relativamente fácil de obtener, permite también estimar en forma práctica, aunque menos precisa, las condiciones de ET, siendo esto de gran importancia tanto para prevenir como para complementar el diagnóstico de problemas asociados al calor.

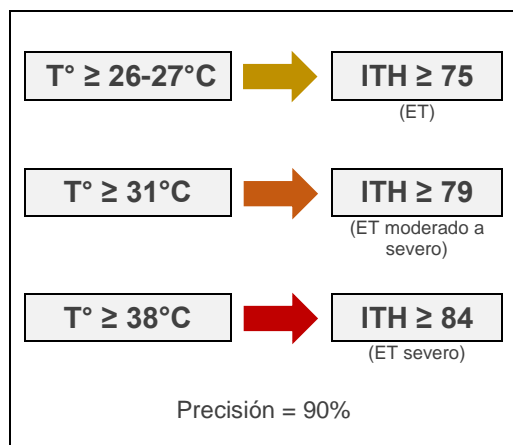


Figura 2.1. Se expresa la equivalencia aproximada entre el ITH y la T° , como herramientas para categorizar la intensidad del ET en el centro y sur de la provincia de Buenos Aires. *Información meteorológica del período octubre-febrero 2011-2014 de las bases meteorológicas ubicadas en INTA EEA Barrow, INTA EEA Ascasubi y la Escuela Agrotécnica de Laprida.*

Debe tenerse en cuenta que los valores expresados en la figura 2.1 se aplican mejor a las condiciones ambientales de la región centro y sur de la provincia de Bs. As., entre las 15:00 y 17:00 horas. En los partidos ubicados más al norte de la provincia, las diferentes categorías de ET puede llegar a alcanzarse con temperaturas 1 a 3 °C inferiores. A su vez, debe considerarse que en horas del mediodía, en las cuales la radiación solar es mayor, pueden generarse las distintas intensidades de ET a temperaturas menores a las expresadas.

2.2.2. Severidad de las condiciones de estrés térmico

Para estimar la severidad de las condiciones de ET a la que se encuentra expuesto un animal, es de relevancia contemplar no sólo la **intensidad** del mismo en un momento puntual (alerta, peligro, emergencia), sino que también debe tenerse en cuenta la **duración** y la **frecuencia** de exposición (figura 2.2).

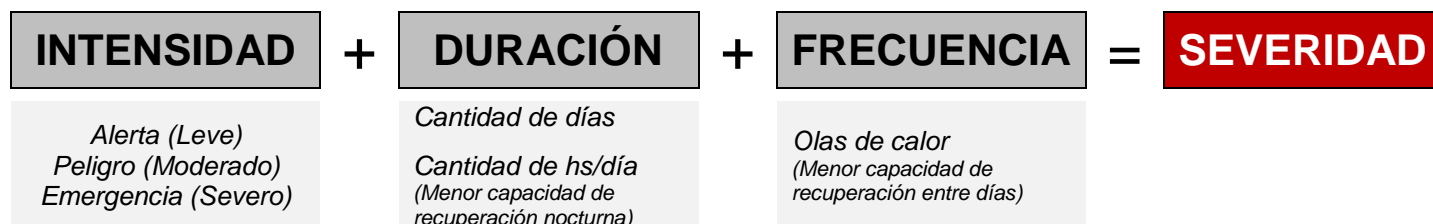


Figura 2.2. Factores que determinan la severidad del estrés térmico

La **duración** de las condiciones de ET pueden estimarse como la cantidad de días en la que los animales se encuentran bajo ET (ej. días con T° máximas mayores a 27°C o ITH máximo mayor a 75) o bajo ET moderado a severo (ej. días con T° máximas superiores a los 31°C o ITH máximo mayor a 79), etc. Una forma más precisa de estimación contemplaría conocer la cantidad de horas por día con ET, aunque esto resulta poco práctico al requerir información horaria detallada o modelos matemáticos más complejos⁽⁸⁰⁾.

El concepto de **frecuencia** de exposición es de gran importancia, ya que a mayor frecuencia existe un menor tiempo de **recuperación** a las condiciones de estrés sufridas por el animal. Los casos extremos de alta frecuencia de exposición lo constituyen las **olas de calor**, las cuales pueden definirse como período de 3 o más días con temperaturas máximas mayores a 32°C^{(1)**}. Estos eventos climáticos extremos magnifican los efectos adversos del calor ya que incluyen elevada intensidad de ET sumado a elevada cantidad de horas de exposición, lo cual reduce la cantidad de horas con la que los animales cuentan para disipar la carga calórica extra acumulada durante el día, disminuyéndose así la capacidad de recuperación^(9,27).

** Existen numerosas definiciones para el concepto de ola de calor, haciéndose referencia en la mayoría de los casos a períodos de 3 o más días consecutivos donde se alcanzan temperaturas superiores al percentil 90 del histórico de la zona.

2.3.- CAMBIOS EN LOS ÚLTIMOS 30 AÑOS EN LAS CONDICIONES DE ESTRÉS TÉRMICO

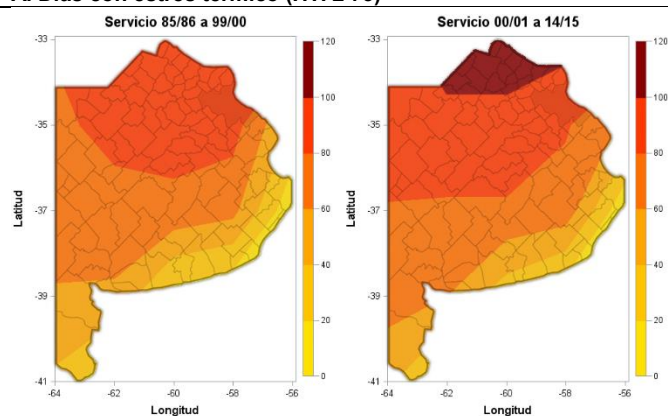
Considerando los conceptos analizados en los puntos anteriores se analizó la evolución de las condiciones de ET registradas de octubre a febrero en la provincia de Bs. As., entre los años 1985 y 2015. Se utilizaron datos modelados a partir del *Goddard Earth Observing System Model* (GEOS), extraídos de la base de datos del proyecto *Prediction of Worldwide Energy Resource* (POWER) perteneciente a la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA).

La **intensidad** de las condiciones de ET (valor de ITH máximo, mínimo y medio diario) fue similar entre la primera y la segunda quincena de la serie de años estudiada, en la mayor parte de los partidos estudiados. Sin embargo, al considerar conjuntamente la **intensidad y la duración** del ET, se detectó un aumento promedio del 10% en la cantidad de días con **ET** ($ITH \geq 75$; figura 2.3.A) y un 35% en el número de días con **ET moderado a severo** ($ITH \geq 79$; figura 2.3.B), siguiendo este aumento una dirección sur y oeste. A su vez, se observó un incremento muy marcado en la cantidad de días con **ET severo** ($ITH \geq 84$; figura 2.3.C) en todo el territorio evaluado, con valores que en los últimos 15 años se han duplicado en el centro de la provincia, e inclusive se han quintuplicado en los partidos ubicados más al norte. Al analizarse la **frecuencia de exposición**, se cuantificó en los últimos 15 años un aumento promedio de 1 a 2 olas de calor por verano (figura 2.3.D), con un aumento en la duración de cada una, que osciló en 1 a 2 días promedio.

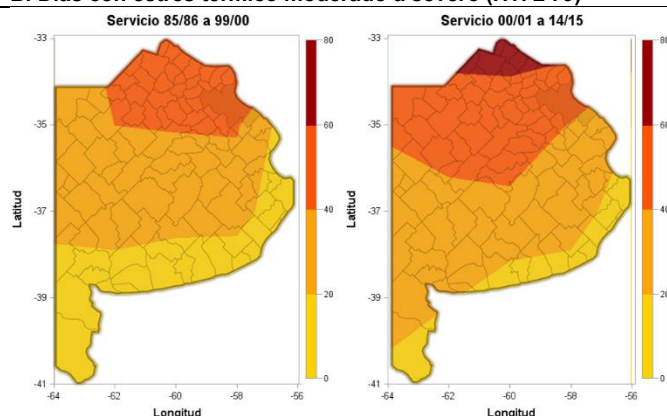
En resumen, de acuerdo a los datos modelados (NASA), se habría incrementado la severidad de las condiciones de ET en los últimos 30 años, lo cual sería producto de una interacción entre el aumento de la intensidad, de la duración y de la frecuencia de exposición a condiciones de ET.

Debe tenerse en cuenta que los resultados obtenidos a partir de este análisis se basan en información meteorológica estimada a partir de modelos matemáticos, por lo que actualmente, a los fines de mejorar la precisión de las estimaciones, se está realizando el mismo tipo de análisis empleando la información local recolectada en estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

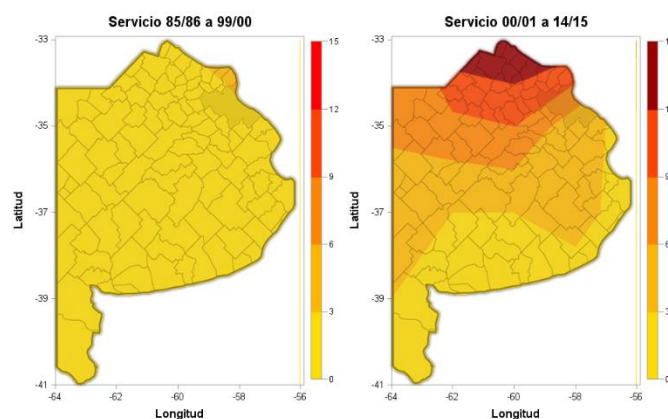
A. Días con estrés térmico ($ITH \geq 75$)



B. Días con estrés térmico moderado a severo ($ITH \geq 79$)



C. Días con estrés térmico severo ($ITH \geq 84$)



D. Cantidad de olas de calor

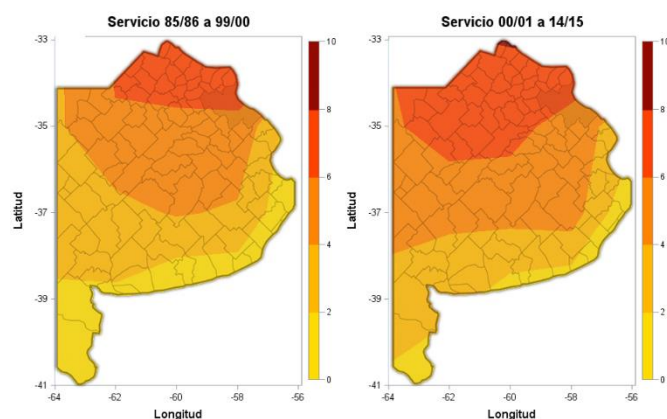


Figura 2.3. Variación climática del período Octubre-Febrero en provincia de Buenos Aires entre el año 1985 y 2015. **A.** Cantidad de días con estrés térmico ($ITH \geq 75$). **B.** Cantidad de días con estrés térmico moderado a severo ($ITH \geq 79$). **C.** Cantidad de días con estrés térmico severo ($ITH \geq 84$). **D.** Cantidad de olas de calor (3 o más días consecutivos con T° máxima mayor a 32°C). Información meteorológica modelada, extraída de *NASA - Prediction of Worldwide Energy Resource (POWER)* (<http://power.larc.nasa.gov/cgi-bin/cgiwrap/solar/agro.cgi?email=agroclim%40larc.nasa.gov>).

2.4.- POSIBLES ESCENARIOS CLIMÁTICOS FUTUROS

La información detallada sobre las proyecciones climáticas para la Argentina puede encontrarse en la Tercera Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático Nacional (77). Como datos relevantes para la región húmeda, en la que se incluye a la provincia de Bs. As., deben mencionarse que en el **futuro cercano** (período 2015-2039), independientemente del nivel de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), si bien se pronostica que la temperatura media anual se incrementará en menos de 1°C, es importante considerar que se espera un **incremento en el número de olas de calor**. A su vez, a diferencia de lo que se estima para el futuro cercano, los cambios esperados para **futuro lejano** (período 2075-2099) estarán marcadamente influenciados por el nivel de emisión de GEI.

2.5.- VULNERABILIDAD DE LOS DISTINTOS SISTEMAS Y POTENCIALES PÉRDIDAS PRODUCTIVAS

Como se mencionó anteriormente, no se han cuantificado en provincia de Buenos Aires las potenciales pérdidas atribuibles al efecto del calor. Debe mencionarse igualmente, que a pesar de observarse un aumento en la exposición a condiciones de estrés más severas en los últimos años, las condiciones no llegarían a poner en un riesgo importante la vida de los animales, por lo que sería necesaria aun la presencia de alguna fuente de EA para que esto suceda. Sin embargo, podrían estar ocurriendo algunas pérdidas productivas, a las cuales los rodeos lecheros serían más sensibles (caída en la producción de leche y menor performance reproductiva), debido a la mayor susceptibilidad del biotipo lechero y a la distribución que tienen en la provincia los establecimientos destinados a la producción lechera, con una mayor concentración en el norte de la provincia de Buenos Aires. En el caso de la producción de carne, los efectos podrían verse sobre el consumo y el aumento diario de peso vivo (26,49,55) y también deberían considerarse los potenciales efectos adversos que pueden generarse sobre la reproducción (2,3,7).

Posiblemente, de los últimos efectos mencionados sobre la producción de carne, la caída en la ganancia de peso sea de mayor importancia, sobre todo en sistemas de engorde a corral en los cuales aspectos tales como una mayor exposición a la radiación solar, menor acceso a fuentes de sombra, mayor hacinamiento de animales e inclusive mayor cobertura grasa en los animales en terminación aumentarían la susceptibilidad de los animales.

En el caso de las pérdidas reproductivas atribuibles al calor en bovinos para carne, debe mencionarse que la actividad de cría en la provincia de Bs. As. se concentra geográficamente en zonas en las cuales, si bien se observa un aumento en la exposición a condiciones de ET, la severidad sería menor que en otras zonas de la provincia (figura 2.3 y 2.4). Es importante mencionar igualmente, que en el primer semestre del año 2014 se registraron numerosas consultas por menores performances reproductivas durante el servicio 2013-2014 en rodeos de cría de la provincia de Bs. As., las cuales se atribuían al posible ET sufrido por los animales durante ese servicio. Los menores porcentajes de preñez registrados se caracterizaban por una considerable caída en el número de preñeces que deberían haberse logrado en la última etapa del servicio ("cola" de preñez), sin una gran afección apreciable de las preñeces que debían lograrse en los primeros meses ("cabeza" y "cuerpo" de preñez). A su vez, fue mayor el número de consultas por parte de establecimientos cuyo servicio se iniciaba en forma más tardía (fines de octubre o principio de noviembre).

Al realizarse un análisis de la duración de las condiciones de ET registradas durante el servicio problema, en comparación con servicios anteriores (grafico 2.1), se apreció en diciembre de 2013 un registro marcadamente mayor tanto en el número de días, como en la cantidad de horas por día con condiciones de ET. A su vez, en enero de 2014, si bien el número de días con ET fue similar al promedio de los 14 años anteriores, la cantidad de horas por día con ET fue marcadamente superior. Además, al analizarse no solo la duración sino también la intensidad y la frecuencia de exposición a condiciones de ET (gráfico 2.2), se observó en el servicio 2013-2014 una mayor ocurrencia de horas con **ET moderado y severo** y un mayor número y duración de **olas de calor**. Es importante considerar que en la mayoría de los servicios analizados las condiciones de mayor ET se presentaron en los meses de enero y febrero, mientras que en 2013-2014 estas se anticiparon, siendo

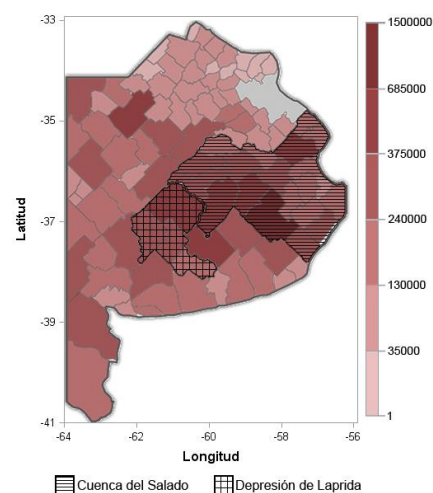


Figura 2.3. Existencias bovinas en la provincia de Buenos Aires en 2014, expresada en cabezas. Base de datos del Servicio Nacional de Sanidad Animal y Calidad Agroalimentaria (SENASA).

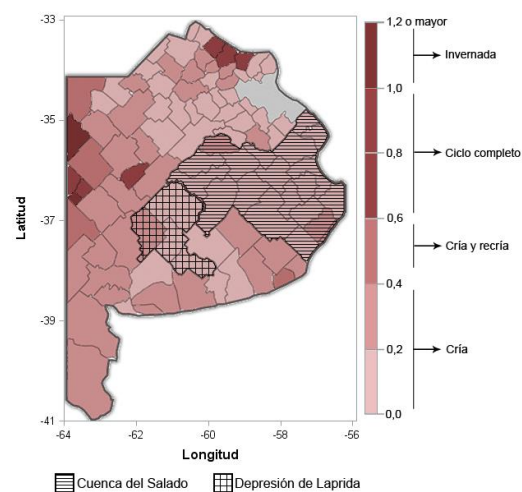


Figura 2.4. Actividad productiva predominante en cada partido de la provincia de Buenos Aires en 2014, estimado mediante el índice (Novillo + Novillito)/Vaca. Base de datos del Servicio Nacional de Sanidad Animal y Calidad Agroalimentaria (SENASA).

diciembre y enero los meses con condiciones más adversas. A todo esto debe sumarse que la separación de las 2 grandes olas de calor registradas en el servicio 2013-2014 (una en diciembre y otra en enero) fue cercana a los 21 días, hecho que hace presumir que hembras cuya fertilidad se afectó en la primera ola de calor volvieron a ver afectada la fertilidad de su siguiente celo en la segunda ola de calor registrada, manifestándose el siguiente celo en febrero, fecha en la cual varios establecimientos ya habían finalizado el servicio.

La severidad del ET en el servicio 2013-2014, sumado al momento en que se presentaron las condiciones más adversas, tendría concordancia con la menor performance detectada en los servicios tardíos, sobre todo en aquellos en los cuales la distribución previa de parición no fue tan concentrada en los primeros meses. **Igualmente, debe tenerse en cuenta que el correcto diagnóstico y cuantificación de este tipo de pérdidas reproductivas asociadas al calor, requiere conocer en qué momento del servicio se dieron, lo cual debe coincidir con la presencia condiciones climáticas adversas de severidad acorde a la magnitud del problema, siendo siempre primordial descartar las principales etiologías vinculadas a infertilidad, dentro de las cuales se incluye a la mala condición corporal de los vientres, las enfermedades venéreas e infecciosas y consumo de fuentes de ergocalcoides (Festucas E+ y/o *Claviceps purpurea*).**

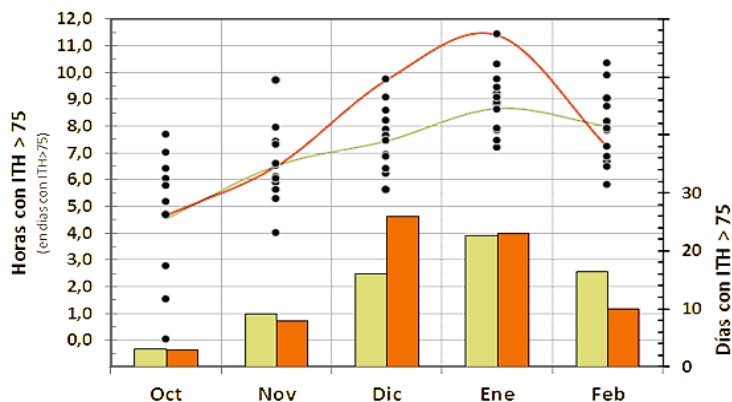


Gráfico 2.1. Duración del estrés térmico (ITH ≥ 75) en término de días por mes (barras) y horas por día (puntos y líneas). Se compara el promedio de los servicios 2000-2001 a 2012-2013 (Amarillo) con los valores registrados en el servicio 2013-2014 (Naranja). Los puntos negros representan los registros individuales de toda la serie de años evaluada.

Datos de la estación meteorológica ubicada en Junín, proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional.

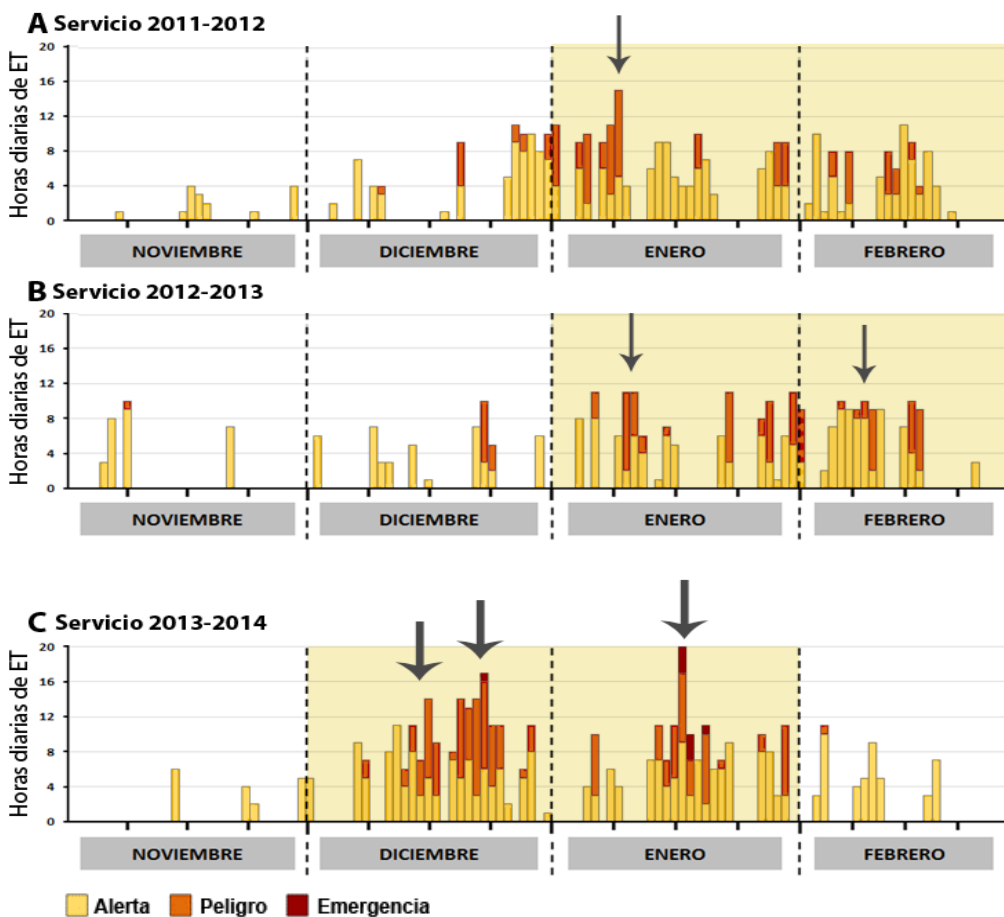


Gráfico 2.2. Duración, severidad y frecuencia de exposición a condiciones de estrés térmico en los servicios 2011-2012 (A), 2012-2013 (B) y 2013-2014 (C). En los gráficos A y B se observa una mayor concentración de horas de ET en los meses de enero y febrero, mientras que en el gráfico C el ET se concentró en los meses de diciembre y enero. Las olas de calor (flechas) fueron de mayor severidad y duración en el servicio 2013-2014. Datos de la estación meteorológica ubicada en INTA EEA Barrow.

2.6.- PREVENCIÓN Y CONSIDERACIONES FINALES

Las medidas destinadas a prevenir y controlar los efectos adversos del calor sobre los bovinos han sido ampliamente descriptas en la bibliografía ^(5,12,22,47,48), y dentro de estas se incluyen a algunas medidas básicas, tales como el **acceso a fuentes de agua de calidad** y **evitar el movimiento de la hacienda los días de mayores temperaturas**. La provisión de sombra para los animales es otra medida de gran importancia, aunque la **disponibilidad de fuentes de sombra natural** no es la adecuada en gran parte de los establecimientos de la provincia de Buenos Aires. En el caso de los engordes a corral también se proponen cambios en la dieta y horarios de alimentación.

La aplicación de tecnologías tales como las **sobras artificiales**, sistemas de **ventilación forzada** y/o **sistemas de aspersión** con agua son otras medidas descriptas y cada vez más empleadas, aunque para el caso de la provincia de Buenos Aires será importante cuantificar cuál es el nivel ET que pueden sufrir los animales, junto con las potenciales pérdidas económicas asociadas, y a partir de ello decidir cuáles de estas medidas serán necesarias y rentables.

Igualmente, independientemente del desconocimiento actual del impacto económico del ET sobre la producción de carne, existen medidas que pueden proponerse, como el **uso de la información meteorológica** como una herramienta tanto de planificación como de diagnóstico. A su vez, a la hora de prevenir potenciales efectos adversos sobre la reproducción será de gran importancia implementar un manejo sanitario adecuado en el que se incluya el monitoreo y cuantificación de fuentes de EA. Además, todos los cambios en el manejo tendientes a lograr que los vientres lleguen al parto en una condición corporal (CC) óptima (CC 5 en vacas multíparas ^(45,56) y CC 6 en vacas primíparas ⁽¹³⁾; escala 1-9 ⁽⁸⁵⁾) y el correcto manejo nutricional en el posparto ⁽⁴³⁾ y servicio ⁽⁷⁸⁾, sobre todo cuando la CC al parto fue sub-óptima ⁽¹⁶⁾, contribuirá enormemente a disminuir la duración del anestro posparto, aumentando la proporción de animales que se preñan en forma temprana en el servicio. Esto además de constituir una gran ventaja productiva aumentará las posibilidades de que los animales logren preñarse en días en los que se esperaría una menor exposición a condiciones de ET. Por otro lado, el adelantamiento del servicio es otra medida por la que muchas veces se consulta y ante la cual debe considerarse que su implementación será acertada siempre que pueda complementarse con una disponibilidad forrajera adecuada, o de lo contrario la prevención de un potencial problema producido por el calor podría llevar a una disminución en la performance reproductiva, producto ya no del calor sino de una limitante nutricional.

AGRADECIMIENTOS

Al MV. Mario Carpi y Colegio de Veterinarios de la Provincia de Buenos Aires por la invitación a las 9nas Jornadas Internacionales de Veterinaria Práctica. A la Dra. Ricci, P. y Dr. Späth, E. J. A. que asesoran y colaboran en el proyecto de estudio del impacto del ambiente climático sobre la performance productiva en bovinos para carne.

A quienes prestaron colaboración: MV. Armendano, H. R.; MV. Chayer, R. y grupo CONPAS; Dr. Campero, C. M.; MSc. Maresca, S.; MSc. Rodríguez, A. M.; Dr. Colombatto, D.; MV. Acuña, C.; Dr. Kastelic, J.

A las instituciones que brindan información: Servicio Meteorológico Nacional (SMN); Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA); Asociación Argentina de Consorcios Regionales (AACREA); Escuela Agrotécnica de Laprida.

BIBLIOGRAFÍA

1. **American Meteorological Society 5th Ed.** (1989). Glossary of meteorology, Boston (USA).
2. **Amundson, J.L.; Mader, T.L.; Rasby, R.J.; & Hu, Q.S.** (2005). [Internet]. The effects of temperature and temperature-humidity index on pregnancy rate in beef cattle. Nebraska Beef Cattle Reports. Paper 149: 10–12; [citado el 15/09/2015]. Disponible en: <http://digitalcommons.unl.edu/animalscinber/149>.
3. **Amundson, J.L.; Mader, T.L.; Rasby, R.J.; & Hu, Q.S.** (2006). Environmental effects on pregnancy rate in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 84(12): 3415–3420.
4. **Appleyard, W.T.** (1986). Outbreak of bovine abortion attributed to ergot poisoning. *Vet. Rec.* 118(2): 48–49.
5. **Arias, R.A.; Mader, T.L.; & Escobar, P.C.** (2008). Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Arch. Med. Vet.* 40(1): 7–22.
6. **Armstrong, D. V.** (1994). Heat stress interaction with shade and cooling. *J. Dairy Sci.* 77(7): 2044–2050.
7. **Biggers, B.G.; Geisert, R.P.; Wettemann, R.P.; & Buchanan, D.S.** (1987). Effect of heat stress on early embryonic development in the beef cow. *J. Anim. Sci.* 64(5): 1512–1518.
8. **Bourke, C.A.; Bailey, G.D.; & Kemp, J.B.** (2000). The case of solar light radiation being more significant than ambient temperature in producing lethal hyperthermic ergotism in cattle. *Aust. Vet. J.* 78(9): 618–621.
9. **Brown Brandl, T.M.; Eigenberg, R.A.; Hahn, G.L.; Nienaber, J.A.; Mader, T.L.; Spiers, D.E.; & Parkhurst, A.M.** (2005). Analyses of thermoregulatory responses of feeder cattle exposed to simulated heat waves. *Int. J. Biometeorol.* 49(5): 285–296.
10. **Campero, C.M.** (1996). Efectos de la festuca tóxica sobre el desempeño reproductivo y producción en bovinos: una revisión. *Therios* 25(132): 306–316.
11. **Casaro, A.P.; Odeón, A.C.; Poso, M.A.; & Deluca, T.** (1986). Muestreo, coloración y diagnóstico microscópico de *Acremonium coenophialum* (*Epichloë typhina*) en plantas y semillas de *Festuca arundinacea*. En: *Proc. II Reunión Anual de la Asociación Argentina de Veterinarios de Laboratorio de Diagnóstico (AAVLD)*. Azul (Argentina). pp.59–60.
12. **Correa Calderón, A.; Morales, M.; Avedaño, L.; Leyva, C.; Rivera, F.; Díaz, R.; & Soto Navarro, S.** (2010). Artificial cooling as an alternative to increase productivity and welfare of steers under heat stress. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 62(5): 1199–1205.
13. **Derouen, S.M.; Franke, D.E.; Morrison, D.G.; Wyatt, W.E.; Coombs, D.F.; White, T.W.; Humes, P.E.; & Greene, B.B.** (1994). Parturition body condition and weight influences on reproductive performance of first-calf beef cows. *J. Anim. Sci.* 72(5): 1119–1125.
14. **Díaz Florez, I.** (2014). Festucosis y respuesta animal ante el consumo de festuca contaminada con endófitos amigables [Monografía de Especialidad]. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar del Plata. Balcarce (Argentina).
15. **Dikmen, S. & Hansen, P.J.** (2009). Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? *J. Dairy Sci.* 92(1): 109–116.
16. **Dunn, T.G. & Kaltenbach, C.C.** (1980). Nutrition and the postpartum interval of the ewe, sow and cow. *J. Anim. Sci.* 51(Suppl. 2): 29–39.

17. Dyer, D.C. (1993). Evidence that ergovaline acts on serotonin receptors. *Life Sci.* 53(14): 223–228.
18. Easton, H.S.; Lane, G.A.; Tapper, B.A.; Keogh, R.G.; Cooper, B.M.; Blackwell, M.; Anderson, M.; & Fletcher, L.R. (1996). Ryegrass endophyte-related heat stress in cattle. En: *Proc. N. Z. Grassl. Assoc.* 63. Hamilton (Nueva Zelanda). pp.37–41.
19. Evans, T.J.; Rottinghaus, G.E.; & Casteel, S.W. (2004). Fescue. En: Plumlee, K. H. *Clinical veterinary toxicology*. Mosby. St. Louis (USA). pp.243–250.
20. Foote, A.P.; Harmon, D.L.; Strickland, J.R.; Bush, L.P.; & Klotz, J.L. (2011). Effect of ergot alkaloids on contractility of bovine right ruminal artery and vein. *J. Anim. Sci.* 89(9): 2944–2949.
21. Furquay, J.W. (1981). Heat stress as it effects animal production. *J. Anim. Sci.* 52(1): 164–174.
22. Gallardo, M. & Valtorta, S. (2011). Capítulo V: Sistemas para mejorar el confort animal. En: *Producción y bienestar animal. Estrés por calor en ganado lechero: impactos y mitigación.* . pp.99–125.
23. García, J.A.; J, G.; Micheloud, J.; Campero, C.; Spáth, E.; Cantón, G.J.; & Odriozola, E.R. (2015). Análisis retrospectivo de casos de intoxicación con especies vegetales y otros compuestos en bovinos de la región pampeana de Argentina (2000-2013). En: *Proc. XLIII Jornadas Uruguayas de Buiatría*. Paysandú (Uruguay). pp.171–173.
24. Gaughan, J.B.; Mader, T.L.; Holt, S.M.; & Lisle, A. (2008). A new heat load index for feedlot cattle. *Journal of Animal Science* 86(1): 226–234. 10.2527/jas.2007-0305.
25. Guerre, P. (2015). Ergot alkaloids produced by endophytic fungi of the genus *Epichloë*. *Toxins* 7(3): 773–790.
26. Hahn, G.L. (1995). Environmental influences on feed intake and performance of feedlot cattle. En: Owens, F. N. *Symposium proceedings: Feed Intake by Feedlot Cattle*. Oklahoma State University. Stillwater, Oklahoma (USA). pp.207–225.
27. Hahn, G.L. (1999). Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *J. Anim. Sci.* 77(Suppl. 2): 10–20.
28. Hahn, G.L.; Gaughan, J.B.; Mader, T.L.; & Eigenberg, R.A. (2009). Chapter 5: Thermal indices and their applications for livestock environments. En: De Shazer, J. A. *Livestock energetics and thermal environmental management*. American Society of Agricultural and Biological Engineers. St. Joseph (USA). pp.113–130.
29. Hoveland, C.S. (1993). Importance an economic significance of the *Acremonium* endophytes to performance of animals and grass plant. *Agric. Ecosyst. Environ.* 44(1-4): 3–12.
30. Hoveland, C.S.; Schmidt, S.P.; King Jr., C.C.; Odom, J.W.; Clark, E.M.; McGuire, J.A.; Smith, L.A.; Grimes, H.W.; & Holliman, J.L. (1983). Steer performance and association of *Acremonium coenophialum* fungal endophyte on tall fescue. *Agron. J.* 75(5): 821–824.
31. Hovermale, J.T. & Craig, A.M. (2001). Correlation of ergovaline and Lolitrem B levels in endophyte-infected perennial ryegrass (*Lolium perenne*). *J. Vet. Diagn. Invest.* 13(4): 323–327.
32. Hurley, W.L.; Convey, E.M.; Leung, K.; Edgerton, L.A.; & Hemken, R.W. (1980). Bovine prolactin, TSH, T4 and T3 concentrations as affected by tall fescue summer toxicosis and temperature. *J. Anim. Sci.* 51(2): 374–379.
33. Ilha, M.R.S.; Riet Correa, F.; & Barros, C.S.L. (2001). Síndrome distérmica (hipertermia) em bovinos associada à intoxicação por *Claviceps purpurea*. *Pesqui. Vet. Bras.* 21(2): 81–86.
34. INTA EEA Balcarce, S.D.V.E. (2004). Por un hongo se intoxicaron: *Claviceps purpurea*. *Brangus* 26(48): 52–54.
35. IPCC (2007). Climate change 2007: Synthesis report. .
36. Jackson, J.R.; Hemken Jr., R.W.; Boling, J.A.; Harmon, R.J.; Buckner, R.C.; & Bush, L.P. (1984). Summer fescue toxicity in dairy steers feed tall fescue seed. *J. Anim. Sci.* 58(5): 1057–1061.
37. Jessep, T.M.; Dent, C.H.; Kemp, J.B.; Christie, B.; Ahrens, P.J.; Burgess, L.W.; & Bryden, W.L. (1987). Bovine idiopathic hyperthermia. *Aust. Vet. J.* 64(11): 353–354.
38. Kastelic, J.P. (2013). Male involvement in fertility and factors affecting semen quality in bulls. *Animal Frontiers* 3(4): 20–25.
39. Khalloub, P.; Diab, S.S.; Licoff, N.; Bengolea, A.; Lázaro, L.; Cantón, G.J.; & Odriozola, E.R. (2007). Efecto del consumo de *Claviceps purpurea* en bovinos en engorde. *Med. Vet.* 88(2): 68–72.
40. Klotz, J.L.; Kirch, B.H.; Aiken, G.E.; Bush, L.P.; & Strickland, J.R. (2008). Effects of selected combinations of tall fescue alkaloids on vasoconstrictive capacity of fescue-naïve bovine lateral saphenous veins. *J. Anim. Sci.* 86(4): 1021–1028.
41. Kren, V. & Cvak, L. (1999). Ergot. The genus *Claviceps*, Harwood Academic Publishers. Amsterdam (Holanda).
42. Krska, R. & Crews, C. (2007). Significance, chemistry and determination of ergot alkaloids: a review. *Food Addit. Contam. A* 25(6): 722–731.
43. Lalman, D.L.; Keisler, D.H.; Williams, J.E.; Scholljegerdes, E.J.; & Mallet, D.M. (1997). Influence of postpartum weight and body condition change on duration of anestrus by undernourished suckled beef heifers. *J. Anim. Sci.* 75(8): 2003–2008.
44. LCI (1970). Patterns of transit losses, Livestock Conservation Inc. Omaha (USA).
45. Lents, C.A.; White, F.J.; Ciccioli, N.H.; Wettemann, R.P.; Spicer, L.J.; & Lalman, D.L. (2008). Effects of body condition score at parturition and postpartum protein supplementation on estrous behavior and size of the dominant follicle in beef cows. *J. Anim. Sci.* 86(10): 2549–2556.
46. Lunstra, D.D. (1986). Libido and serving capacity of beef bulls. En: *Proc. Symposium on male fertility, Beef Improvement Federation Annual Meeting*. Lexington, Kentucky (USA). pp.20–36.
47. Mader, T.L.; Dahlquist, J.M.; Hahn, G.L.; & Gaughan, J.B. (1999). Shade and wind barrier effects on summertime feedlot cattle performance. *J. Anim. Sci.* 77(8): 2065–2072.
48. Mader, T.L. & Davis, M.S. (2004). Effect of management strategies on reducing heat stress of feedlot cattle: feed and water intake. *J. Anim. Sci.* 82(10): 3077–3087.
49. Mader, T.L.; Davis, M.S.; & Brown Brandl, T.M. (2006). Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 84(3): 712–719.
50. Mader, T.L. & Davis, S. (2002). Wind speed and solar radiation corrections for the temperature-humidity index. En: *Proc. 15th Conf. on Biometeorology and Aerobiology*. American Meteorological Society. Kansas City (USA). p.6A.1.
51. Mader, T.L.; Davis, S.; Gaughan, J.B.; & Brown Brandl, T.M. (2004). Wind speed and solar radiation adjustments for the temperature-humidity index. En: *Proc. 16th conference on Biometeorology*. American Meteorological Society. Vancouver (USA). p.6B.3.
52. Mader, T.L.; Holt, S.M.; Hahn, G.L.; Davis, M.S.; & Spiers, D.E. (2002). Feeding strategies for managing heat load in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 80(9): 2373–2382.
53. Magrin, G.; Travasso, M.I.; & Rodríguez, G. (2014). Impacto del clima y medidas de adaptación del sistema productivo. En: Pascale Medina, C., M. M. Zubillaga, & M. A. Taboada *Suelos, producción agropecuaria y cambio climático: avances en Argentina 1ra Ed.* Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. Buenos Aires (Argentina).
54. Meyerhoeffer, D.C.; Wettemann, R.P.; Coleman, S.W.; & Wells, M.E. (1985). Reproductive criteria of beef bulls during and after exposure to increased ambient temperature. *J. Anim. Sci.* 60(2): 352–357.
55. Mitlöhner, F.M.; Morrow, J.L.; Dailey, J.W.; Wilson, S.C.; Galyean, M.L.; Miller, M.F.; & McGlone, J.J. (2001). Shade and water misting effects on behavior, physiology, performance, and carcass traits of heat-stressed feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 79(9): 2327–2335.
56. Morrison, D.G.; Spitzer, J.C.; & Perkins, J.L. (1999). Influence of prepartum body condition score change on reproduction in multiparous beef cows calving in moderate body condition. *J. Anim. Sci.* 77(5): 1048–1054.
57. Murphy, G.M.; Hurtado, R.H.; Fernández Long, M.E.; Serio, L.A.; Faroni, P.A.; Malo, S.; Spescha, L.B.; & Barnatán, I. (2008). Atlas agroclimático de la Argentina, Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires (Argentina).

58. **Odrizola, E.R.** (2009). Problemas sanitarios en bovinos vinculados a la intensificación ganadera. En: *Jornada técnica sobre sanidad animal y nutrición mineral en recursos forrajeros*. Azul (Argentina). pp.255–266.
59. **Oliver, J.W.; Abney, L.K.; Strickland, J.R.; & Linnabary, R.D.** (1993). Vasoconstriction in bovine vasculature induced by the tall fescue alkaloid lysergamide. *J. Anim. Sci.* 71(10): 2708–2713.
60. **Paterson, J.; Forcherio, C.; Larson, B.; Samford, M.; & Kerley, M.** (1995). The effects of fescue toxicosis on beef cattle productivity. *J. Anim. Sci.* 73(3): 889–898.
61. **Peet, R.L.; McCarthy, M.R.; & Barbetti, M.J.** (1991). Hyperthermia and death in feedlot cattle associated with ingestion of *Claviceps purpurea*. *Aust. Vet. J.* 68(3): 12.
62. **Pesqueira, A.; Harmon, D.L.; Branco, A.F.; & Klotz, J.L.** (2014). Bovine lateral saphenous veins exposed to ergopeptine alkaloids do not relax. *J. Anim. Sci.* 92(3): 1213–1218.
63. **Ragsdale, A.C.; Brody, S.; Thompson, H.J.; & Worstell, D.M.** (1948). Environmental physiology with special reference to domestic animals. II. Influence of temperature, 500 to 1050 F., on milk production and feed consumption in dairy cattle. *Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bul.* 425.
64. **Riet Correa, F.** (1993). Intoxicação por *Claviceps purpurea*. En: Riet Correa, F., M. C. Méndez, & A. L. Schild *Intoxicações por plantas e micotoxícoses em animais domésticos*. Hemisfério Sul do Brasil. Pelotas (Brasil). pp.227–239.
65. **Riet Correa, F.; Rivero, R.; Odrizola, E.R.; Adrien, M.L.; Medeiros, R.M.T.; & Schild, A.L.** (2013). Mycotoxins of ruminants and horses. *J. Vet. Diagn. Invest.* 25(6): 692–708.
66. **Rodríguez, A. & Maresca, S.** (2015). [Internet]. Diagnóstico presuntivo de Intoxicación con ergoalcaloides en el partido de Rauch, Ayacucho y Tapalqué. Boletín Informativo INTA EEA Cuenca del Salado; [citado el 15/09/2015]. Disponible en: [http://inta.gov.ar/documentos/intoxicacion-con-ergoalcaloides-en-partidos-de-la-cuenca-del-salado/at_multi_download/file/INTA - S%C3%ADndrome dist%C3%A9rmico - Ergoalcaloides.pdf](http://inta.gov.ar/documentos/intoxicacion-con-ergoalcaloides-en-partidos-de-la-cuenca-del-salado/at_multi_download/file/INTA-%C3%ADndrome%20dist%C3%A9rmico-%20Ergoalcaloides.pdf).
67. **Rodríguez, A.; Maresca, S.; & Armendano, J.I.** (2015). [Internet]. Estrés calórico en la Cuenca del Salado. Boletín Informativo INTA EEA Cuenca del Salado; [citado el 15/09/2015]. Disponible en: [http://inta.gov.ar/documentos/estres-calorico-en-bovinos-para-la-cuenca-del-salado/at_multi_download/file/INTA - Estres cal%C3%B3rico en bovinos.pdf](http://inta.gov.ar/documentos/estres-calorico-en-bovinos-para-la-cuenca-del-salado/at_multi_download/file/INTA-%20Estr%C3%A9s%20cal%C3%B3rico%20en%20bovinos.pdf).
68. **Ross, A.D.; Bryden, W.L.; Bakau, W.; & Burgess, L.W.** (1989). Induction of heat stress in beef cattle by feeding the ergots of *Claviceps purpurea*. *Aust. Vet. J.* 66(8): 247–249.
69. **Schardl, C.; Panaccione, D.; & Tudzynski, P.** (2006). Ergot alkaloids. Biology and molecular biology. *Alkaloids Chem. Biol.* 63: 45–86.
70. **Schmidt, S.P.; Hoveland, C.S.; Clark, E.M.; Davis, N.D.; Smith, L.A.; Grimes, H.W.; & Holliman, J.L.** (1982). Association of an endophyte fungus with fescue toxicity in steers fed Kentucky 31 tall fescue seed and hay. *J. Anim. Sci.* 55(6): 1259–1263.
71. **Schmidt, S.P. & Osborn, T.G.** (1993). Effects of endophyte-infected tall fescue on animal performance. *Agric. Ecosyst. Environ.* 44(1-4): 233–262.
72. **Schneider, D.J.; Miles, C.O.; Garthwaite, I.; Van Halderen, A.; Wessels, J.C.; & Lategan, H.J.** (1996). First report of field outbreak of ergot-alkaloid toxicity in South Africa. *Vet. Res.* 63(2): 97–108.
73. **Scholtz, M.M.; Mcmanus, C.; Leeuw, K.; Louvandini, H.; Seixas, L.; & Melo, C.B. De** (2013). The effect of global warming on beef production in developing countries of the southern hemisphere. *Nat. Sci.* 5(1): 106–119.
74. **Schuenemann, G.M.; Edwards, J.L.; Davis, M.D.; Blackmon, H.E.; Scenna, F.N.; Rohrbach, N.R.; Saxton, A.M.; Adair, H.S.; Hopkins, F.M.; Waller, J.C.; & Schrick, F.N.** (2005). Effects of administration of ergotamine tartrate on fertility of yearling beef bulls. *Theriogenology* 63(5): 1407–1418.
75. **Schuenemann, G.M.; Hockett, M.E.; Edwards, J.L.; Rohrbach, N.R.; Breue, K.F.; & Schrick, F.N.** (2005). Embryo development and survival in beef cattle administered ergotamine tartrate to simulate fescue toxicosis. *Reprod. Biol.* 5(2): 137–150.
76. **Scrivener, C.J. & Bryden, W.L.** (1993). Hyperthermia in cattle grazing annual ryegrass. *N. Z. Vet. J.* 41(4): 215.
77. **Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación** (2015). Inventario de gases de efecto invernadero de la República Argentina. *Tercera comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático nacional*: 417 p.
78. **Selk, G.E.; Wettemann, R.P.; Lusby, K.S.; Oltjen, J.W.; Rasby, R.J.; & Garmendia, J.C.** (1988). Relationship among weight change, body condition and reproductive performance of range beef cows. *J. Anim. Sci.* 66(12): 3153–3159.
79. **Skinner, J.D. & Louw, G.N.** (1966). Heat stress and spermatogenesis in *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle. *J. Appl. Physiol.* 21(6): 1784–1790.
80. **St-Pierre, N.R.; Cobanov, B.; & Schnitkey, G.** (2003). Economic losses from heat stress by US livestock industries. *J. Anim. Sci.* 86(31): E52–E77.
81. **Stuedemann, J.A. & Hoveland, C.S.** (1988). Fescue endophyte: history and impact on animal agriculture. *J. Prod. Agric.* 1(1): 39–40.
82. **Thom, E.C.** (1959). The discomfort index. *Weatherwise* 12(2): 57–61.
83. **Thompson, R.W.; Fribourg, H.A.; Waller, J.C.; Sanders, W.L.; Reynolds, J.H.; Phillips, J.M.; Schmidt, S.P.; Crawford Jr, R.J.; Allen, V.G.; & Faulkner, D.B.** (1993). Combined analysis of tall fescue steer grazing studies in the Eastern United States. *J. Anim. Sci.* 71(7): 1940–1946.
84. **Tor Agbidiye, J.; Blythe, L.L.; & Craig, A.M.** (2001). Correlation of endophyte toxins (ergovaline and lolitrem B) with clinical disease: fescue foot and perennial ryegrass staggers. *Vet. Hum. Toxicol.* 43(3): 140–146.
85. **Wagner, J.J.; Lusby, K.S.; Oltjen, J.W.; Rakestraw, J.; & Walters, L.E.** (1988). Carcass composition in mature hereford cows: estimation and effect on daily metabolizable energy requirement during winter. *J. Anim. Sci.* 66(3): 603–612.
86. **Waller, J.C.** (2009). Endophyte effects on cattle. En: Fribourg, H. A., D. B. Hannaway, & C. P. West. *Tall fescue for the twenty-first century - Agronomy Monograph No. 53*. American Society of Agronomy. Madison (USA). pp.289–310.
87. **Waller, J.C.; Schrick, F.N.; Dickson, M.C.; Fisher, A.E.; Saxton, A.M.; & Fribourg, H.A.** (2001). Tall fescue based forages systems for developing beef replacement heifers. *J. Anim. Sci.* 79(Suppl. 1): 458.
88. **Wang, H.; Looper, M.L.; Johnson, Z.B.; Rorie, R.W.; & Rosenkrans, C.F.** (2009). Involvement of signaling pathways in bovine sperm motility, and effect of ergot alkaloids. *In Vitro Cell. Dev. Biol. Animal* 45(8): 483–489.
89. **Young, J.C.** (1981). Variability in the content and composition of alkaloids found in Canadian ergot. I. Rye. *J. Environ. Sci. Health B.* 16(1): 83–111.

