

# Caracterización del ambiente térmico para la actividad ganadera bovina en el Valle del Cauca, Colombia

## Thermal environment characterization for the bovine cattle ranching in the Valle del Cauca, Colombia

Raúl Andrés Molina Benavides<sup>1\*</sup>, Fernando Silva Aguilar<sup>2</sup>, Sandra Perilla Duque<sup>3</sup> y Hugo Sánchez Guerrero<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. Facultad de Ciencias Agrícolas, Departamento de Ciencia Animal. Palmira, Colombia. <sup>2</sup> Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia, Cenicaña. Florida, Colombia. <sup>3</sup>Productos Naturales de la Sabana S.A., Alquería. Palmira, Colombia. \*Autor para correspondencia: [ramolinab@unal.edu.co](mailto:ramolinab@unal.edu.co)

Rec.:10.02.2015 Acep.: 24.05.2015

### Resumen

La influencia del clima sobre el comportamiento de los animales ha sido demostrada desde hace muchos años. Variables climáticas como la temperatura (T, °C), humedad relativa (HR, %), radiación solar (Rs, W/m<sup>2</sup>) y velocidad del viento (Vv, m.s<sup>-1</sup>), por fuera de sus rangos normales, pueden desplazar a los rumiantes de su zona de confort, generándoles impactos negativos sobre su comportamiento, productividad y reproducción. Con el fin de caracterizar el ambiente térmico para la actividad ganadera en el Valle del Cauca - Colombia, se utilizaron 2 índices biometeorológicos (índices de carga calórica para ganado de leche y carne) para conocer la relación animal - ambiente. Los índices se aplicaron para los rangos climáticos más representativos del departamento (T= 20–35; HR= 60–100; Vv= 0-10), encontrándose que para las vacas lecheras en condiciones de T>23, HR>80 y 0 Vv, iniciaban a presentar signos de estrés calórico, mientras que para el ganado de carne, iniciaban con T>25, HR>60 y Vv<1,5. En conclusión, estos índices, son herramientas útiles para determinar el grado de estrés calórico que pueden presentar los animales en diferentes sistemas productivos durante ciertos momentos del día, para determinados meses del año, ayudando a planificar acciones para controlar su efecto y con ello mitigar los impactos en su comportamiento productivo y reproductivo.

**Palabras clave:** Estrés calórico, índices biometeorológicos, comportamiento productivo y reproductivo, variables climatológicas.

### Abstract

The influence of climate on animal behavior has been demonstrated for many years. Climatic variables such as temperature (T, °C), relative humidity (RH, %), solar radiation (SR, W / m<sup>2</sup>) and wind speed (WS, m / s), outside their normal range, can displace ruminants of their comfort zone, which can results in negative impact on their productivity and reproduction behavior. In order to characterize the thermal environment of bovine cattle ranching in the Valle del Cauca department, two biometeorological indexes (heat load index for dairy cows and meat cattle) were performed to develop an animal - environment relationship. The indexes were applied to the most representative Valle del Cauca department climatic ranges (T = 20-35; RH = 60-100; WS = 0-10), finding that for dairy cows under the mentioned conditions of T> 23, RH> 80 and 0 WS, starting to show signals of heat stress, while for beef cattle starts with T> 25, RH> 60 and WS <1.5. In conclusion, these indexes are useful tools to determine the degree of heat stress that may occur on farms during certain times of day for certain months of the year, helping to plan actions to control its effect in cattle and subsequently, mitigate the impacts on their productive and reproductive performance.

**KeyWords:** Biometeorological index, climatological variables, heat stress, productivity and reproduction behavior.

## Introducción

La influencia del clima sobre el comportamiento de los animales y su productividad ha sido demostrada desde hace muchos años (Jhonson, 1987). En ambientes donde las variaciones de temperatura pueden ser amplias, animales como los bovinos (homeotermos), los cuales tienen la capacidad de controlar dentro de un margen reducido su temperatura corporal; podrían enfrentarse a escenarios climáticos adversos. Debido a la modificación en la composición de los gases de efecto invernadero en la atmósfera, lo cual ha cambiado el comportamiento histórico del clima mundial, es muy común que los animales deban enfrentarse a situaciones por fuera de su zona de confort térmico. Entre las variables climáticas que más influyen sobre el confort de los animales, se encuentran la temperatura ( $T$ , °C), radiación solar ( $RS$ ,  $W/m^2$ ), velocidad del viento ( $V_v$ ,  $m.s^{-1}$ ), humedad relativa ( $HR$ , %) y precipitación (mm). La combinación de estos factores, pueden conllevar a situaciones desfavorables para los animales, como por ejemplo de estrés calórico, en donde se generan impactos negativos sobre el animal (ingestión, digestión, respiración, circulación de la sangre, entre otros), los cuales a su vez tienen impacto sobre la productividad de los mismos (producción y composición de la leche, ganancia de peso diario) y su reproducción (Sullivan *et al.* 2011; Suárez *et al.* 2012; Dunshea *et al.* 2013; Bertocchi *et al.* 2014).

Se prevé que el cambio climático inducirá, con alta probabilidad, a más días al año con mayores temperaturas, hecho que aumentará los episodios de estrés calórico para los animales (IPCC, 2014). En países tropicales como Colombia, en donde más del 95% de los sistemas de producción ganadera se basan en el pastoreo (Fedegan, 2013), los bovinos están expuestos directamente al ambiente, el cual genera efectos inmediatos sobre éstos, causando adicionalmente de forma indirecta variaciones en la cantidad y calidad de los forrajes y cultivos que son su principal fuente de alimentación.

Reconocida la influencia de las variables climáticas sobre la producción y reproducción de los animales, se hace necesario trabajar con índices biometeorológicos que permitan comprender esta relación. Entre los más conocidos están el índice de humedad y temperatura, índice de humedad en globo negro, índice de temperatura equivalente, índice de carga calórica para ganado de carne, e índice de carga calórica para vacas lecheras. Estos dos últimos, consideran simultáneamente tres variables atmosféricas ( $HR$ ,  $T$  y  $V_v$ ) influyentes sobre el confort térmico de los animales.

Por lo anteriormente expresado, el presente trabajo tuvo como objetivo, caracterizar el

ambiente térmico de las zonas ganaderas en el departamento del Valle del Cauca mediante dos índices biometeorológicos, con el fin de generar un sistema de advertencia para los productores ganaderos de la región.

## Materiales y Métodos

La investigación se realizó con dos tipos de información: climatológica y la actividad ganadera bovina desarrollada en el Valle del Cauca; departamento ubicado en el suroccidente colombiano, con 22140  $Km^2$  de superficie, de los cuales el 48% se encuentra entre los 0-1.000 m.s.n.m, 34% entre 1000 - 2000 m.s.n.m, 13% entre 2000 y 3000 m.s.n.m y lo restante, por encima de los 3000 m.s.n.m. (IGAC, 2009).

La cantidad y distribución demográfica bovina del departamento del Valle del Cauca, en sus 42 municipios, fue obtenida de acuerdo al último censo ganadero realizado por Cogancevalle (cooperativa de ganaderos del centro del Valle del Cauca) durante los ciclos de vacunación contra fiebre aftosa y brucelosis. En la región del Valle del Cauca, predomina el uso de ganado Holstein, Pardo Suizo, Gyrolando, Jersey y criollo para la producción de leche; mientras que el cebú es usado para la producción de carne. La base alimenticia del ganado bovino en la región del Valle del Cauca, la constituye, los forrajes, en especial el pasto estrella, *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst. Adicionalmente al suministro de forraje, algunos sistemas productivos optan por suplementar a los animales con concentrado comercial.

Los datos climatológicos se obtuvieron de las 27 estaciones climáticas que conforman la red meteorológica automatizada del centro de investigación de la caña de azúcar en Colombia (Cenicaña), para el departamento del Valle del Cauca. Se trabajó con datos históricos de los últimos 10 años para cada una de las estaciones.

De acuerdo a la división zonal propuesta por Cenicaña para sus estaciones (Figura 1), se determinó el porcentaje de bovinos adjudicados a cada zona, es decir, la estratificación ganadera se realizó en función a la distancia de las estaciones meteorológicas.

Las variables atmosféricas utilizadas fueron: temperatura ( $T$ , °C), humedad relativa ( $HR$ , %) y velocidad del viento ( $V_v$ ,  $m.s^{-1}$ ). Posteriormente y con la ayuda de estas variables, se calcularon los índices de carga calórica para ganado destinado tanto a la producción de carne como a la de leche (Dunshea *et al.* 2013), con el fin de conocer en qué momento los animales podrían entrar en estrés por calor. En las ecuaciones 1 y 2, se muestran los índices utilizados.

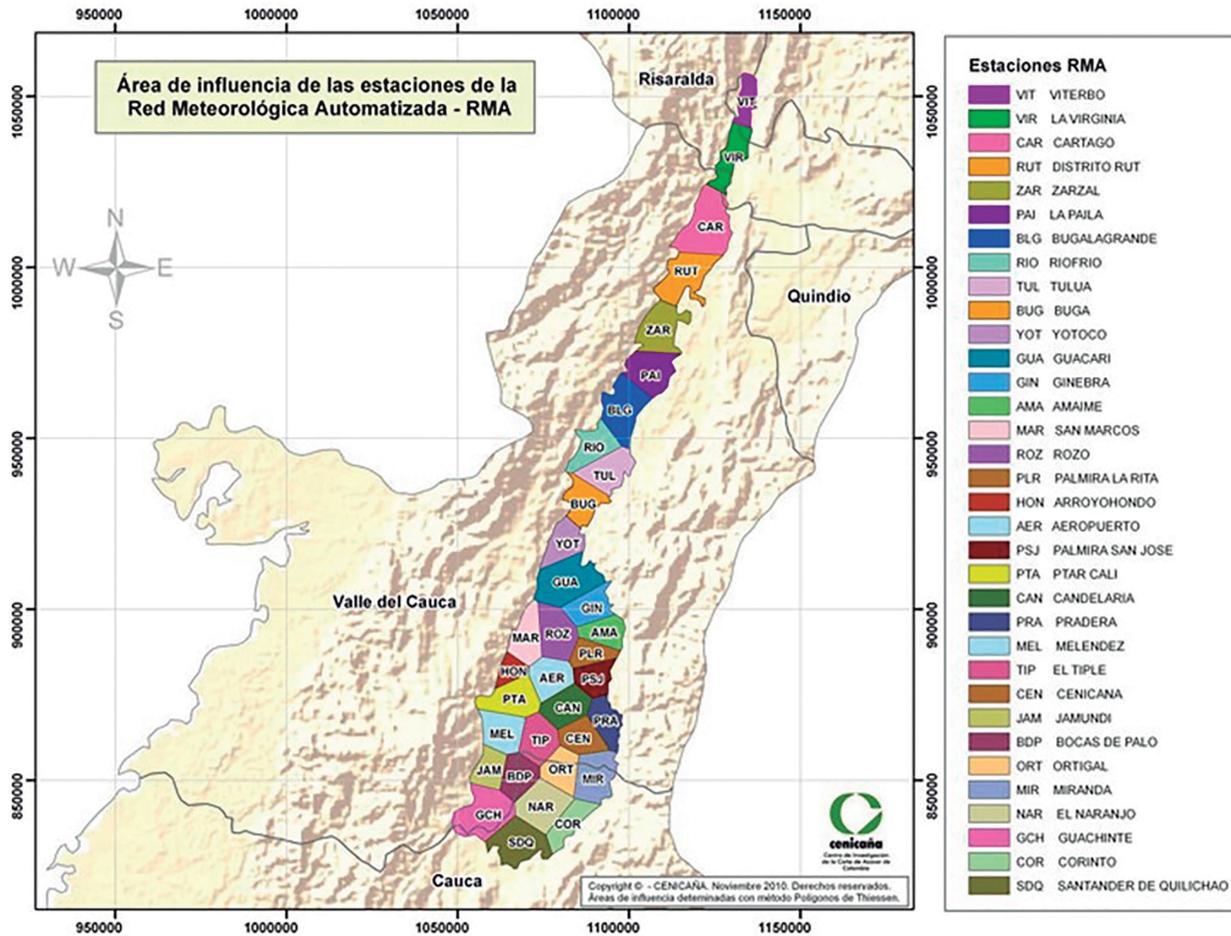


Figura 1. Distribución espacial de las estaciones meteorológicas automatizadas del sector azucarero para el Valle del Cauca.

Fuente: [http://www.cenicana.org/aeps/mapas\\_rma.php](http://www.cenicana.org/aeps/mapas_rma.php)

**Ecuación 1.** Para vacas lecheras en pastoreo (Dunshea *et al.* 2013):

$$\text{Cuando } T < 22.2^{\circ}\text{C; entonces ICCVI} = (52.8 + (0.06 * HR) + (0.66 * T) - (0.39 * Vv))$$

$$\text{Cuando } T > 22.2^{\circ}\text{C; entonces ICCVI} = (1.09 + (0.36 * HR) + (1.42 * T) + (\exp^{-Vv+2.6}))$$

Donde ICCVI = Índice de carga calórica para vacas lecheras, T= Temperatura ambiente (°C), HR = Humedad relativa (%) y Vv = Velocidad del viento (m/s)

El umbral para este índice es 75. Por encima de éste, el ganado bovino empieza a manifestar signos de estrés calórico. Los signos, en orden de manifestación son: salivación pronunciada, jadeo, aumento de la frecuencia respiratoria, suspensión del pastoreo, aumento del consumo de agua e interrupción de cualquier actividad física.

**Ecuación 2.** Para ganado de carne en pastoreo (Gaughan *et al.* 2007) con modificaciones de Suárez *et al.* (2012), bajo condiciones del Valle del Sinú, Córdoba - Colombia.

$$ICCC = (8.62 + (0.38 * HR) + (1.55 * Tc) - (0.5 * Vv) + (\exp^{-2.4 * Vv}))$$

Donde ICCc = Índice de carga calórica para ganado de carne, Tc = Temperatura corporal (°C) obtenida de la siguiente ecuación:

$$Tc = (36,27 + (0.12 * T)) \text{ para } T > 25^{\circ}\text{C.}$$

El umbral para este índice es de 92, por encima de éste los animales comienzan a manifestar signos de estrés calórico. Rangos: 92 – 100, estado de alerta; 100 – 114, estado de peligro; > 114: estado de emergencia.

## Resultados y Discusión

En la Tabla 1, se observa la zonificación propuesta por Cenicaña, los municipios que conforman cada zona y el respectivo porcentaje de animales que la compone. Aproximadamente el 77% de la población bovina se encuentra ubicada en las zonas centro norte y norte del departamento; el otro 23% se ubica en el centro y sur del mismo. El 64% de la población total son hembras y el 36% restante son machos.

**Tabla 1.** Proporción bovina presente en los municipios adjuntos a cada zona establecida por la red meteorológica de Cenicaña.

ZONA	MUNICIPIOS	BOVINOS*
Norte	El Águila, El Cairo, Ansermanuevo, Argelia, Cartago, Ulloa, Alcalá, Versailles, Toro, Obando, El Dovío, La Unión, La Victoria, Roldanillo, Bolívar, Zarzal, Sevilla, Caicedonia.	47,18 %
Centro Norte	Bugalagrande, Trujillo, Riofrio, Andalucía, Tuluá, San Pedro, Buga, Yotoco, Darién.	29,38 %
Centro	Guacarí, Ginebra, Restrepo, Vijes, El Cerrito, Palmira.	12,20 %
Centro Sur	Cali, Yumbo, Dagua, La Cumbre, Candelaria, Pradera, Florida.	8,39 %
Sur	Jamundí.	2,74 %

\*Como porcentaje de un número total de animales de 470.035. El municipio de Buenaventura, con 389 animales, no fue incluido debido a la ausencia de una estación meteorológica de la red de Cenicaña.

Para las 5 zonas planteadas por Cenicaña, con valores históricos de los últimos 10 años para cada estación, los datos mínimos, medios y máximos de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento, se presentan en la Tabla 2.

### Vacas lecheras en pastoreo

Bajo condiciones de temperaturas iguales al promedio multianual del departamento del Valle del Cauca, la cual es de 23 °C; humedades relativas por encima del 80% y ausencia de vientos, los animales muestran los primeros signos de estrés calórico (ICCVI > 75) (Dunshea *et al.* 2013). Conforme a lo expuesto en la Figura 2, la mayor ocurrencia de estadios por estrés por calor, sucede cuando las temperaturas y humedades relativas son altas y hay poco viento. Esto concuerda con lo reportado por Gomes da Silva *et al.* (2014) y Oliveira *et al.* (2014). Según Suárez *et al.* (2012),

a medida que aumenta la temperatura ambiental, la humedad relativa y la velocidad del viento juegan un papel importante para mitigar su efecto sobre los animales.

Hay que resaltar que la raza y la edad de los animales junto a la dieta suministrada y el nivel de producción de leche, son factores que pueden modificar el umbral de los índices biometeorológicos (Ferreira, 2005; Pereira, 2005). En relación con lo anterior, son más susceptibles al estrés por calor los animales *bos taurus* (Hosltstein, Pardo Suizo, Jersey) que los *bos indicus* (Brahman) o cruces de los dos (Gyrolando) (Barragan *et al.* 2015). Razas criollas y colombianas como el Hartón del Valle y Lucerna, respectivamente; exponen un óptimo desempeño bajo las condiciones climatológicas del departamento del Valle del Cauca, Colombia.

### Ganado de carne en pastoreo

Para este tipo de animales, los signos de estrés por calor (leve salivación, jadeo, aumento de la frecuencia respiratoria inician cuando se tienen temperaturas del aire por encima de los 25 °C (temperatura equivalente a 39.39 °C de temperatura corporal en el animal), humedades relativas mayores al 60% y velocidades del viento menores a 1.5 m/s (ICCC > 92) (Suárez *et al.* 2012). En la Figura 3, se muestran algunas combinaciones de T, HR y Vv que podrían generar estrés calórico.

Con temperaturas mayores a los 26°C, humedades relativas por encima de 80% y velocidades del viento por debajo de 2.5 m/s, los animales se pueden encontrar en estado de peligro por estrés calórico, de acuerdo a los umbrales propuestos por Suárez *et al.* (2012). A medida que aumenta la temperatura ambiental, la humedad relativa y la velocidad del viento, ejercen poca influencia sobre el índice de carga calórica.

Aunque para cada zona y de acuerdo a las estaciones que la conforman, se encontraron valores máximos de temperatura y velocidad del viento de 52.9 °C y 10.3 m.s<sup>-1</sup>, respectivamente. Para los ejemplos de las Figuras 2 y 3, se tomaron valores más repetitivos y representativos del departamento (T: 23 – 40°C y Vv: 0 – 3.5m.s<sup>-1</sup>).

**Tabla 2.** Valores mínimos, medios y máximos de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento de las 27 estaciones meteorológicas del Valle del Cauca.

Zona	Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)			Velocidad del viento (m/s)		
	Mínima	Media	Máxima	Mínima	Media	Máxima	Mínima	Media	Máxima
Norte (5)*	0	23,3	35,4	0	79,8	100	0	1,2	9,2
CentroNorte (6)	0,3	23,7	52,9	4	79,4	100	0	1,5	10,3
Centro (9)	0	23,2	44,3	0	78,5	100	0	1,5	9,8
CentroSur (6)	0	23,3	49,5	0	78,6	100	0	1,4	8,9
Sur (1)	2,4	22,7	34,9	0	79,8	100	0	1,1	6,6

\*Número de estaciones adjuntas a cada zona.

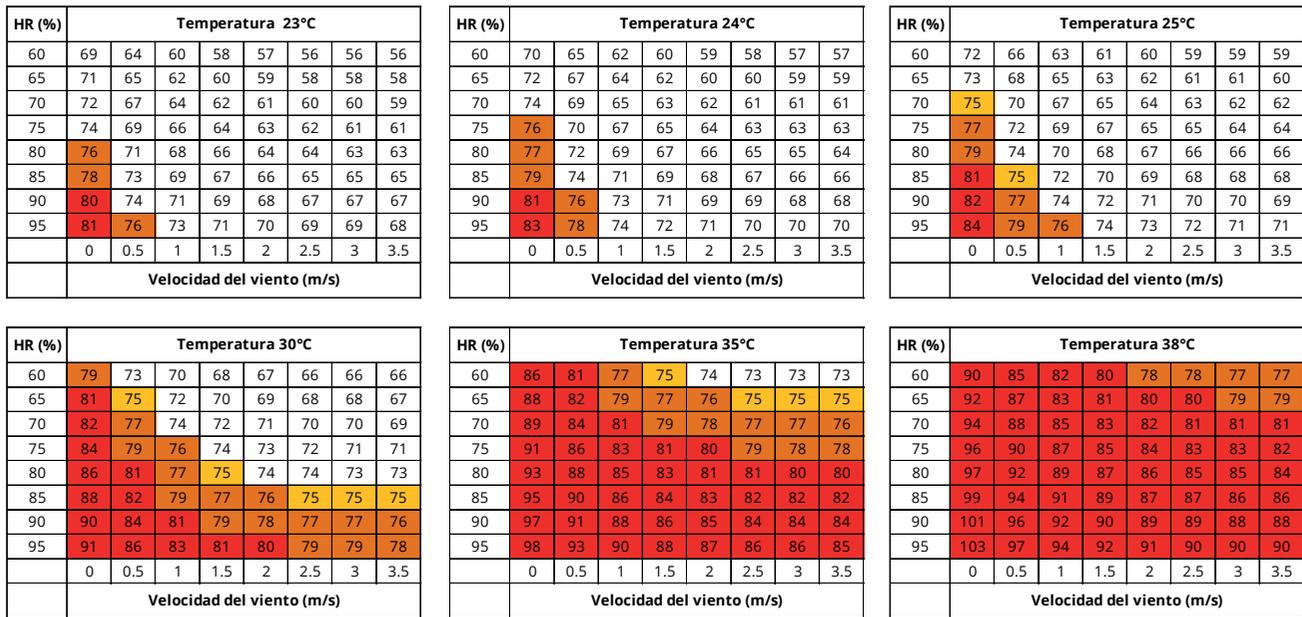


Figura 2. Combinaciones de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento que pueden generar estrés calórico en vacas lecheras en pastoreo. HR: humedad relativa. Los colores, representan la intensidad del índice, a medida que el índice aumenta, aparecen colores más fuertes.

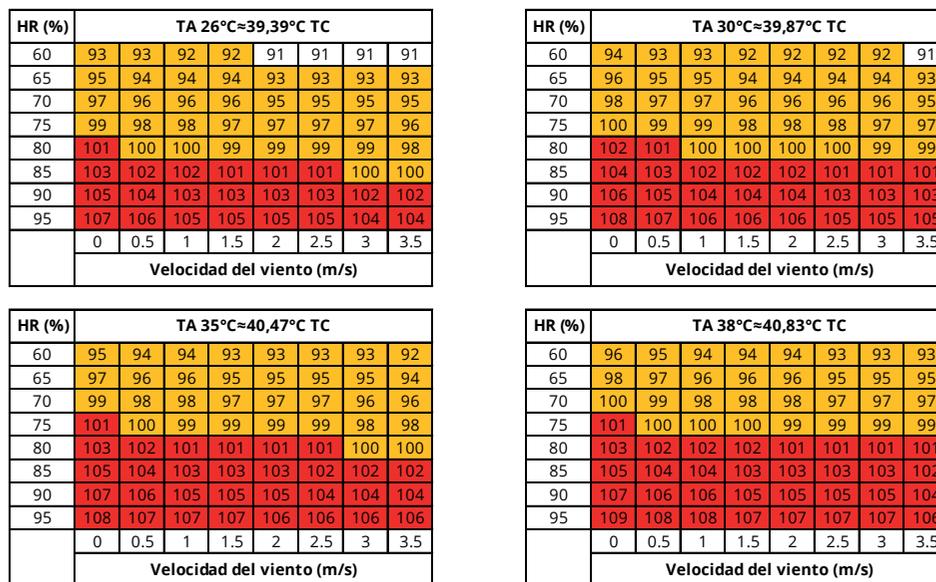
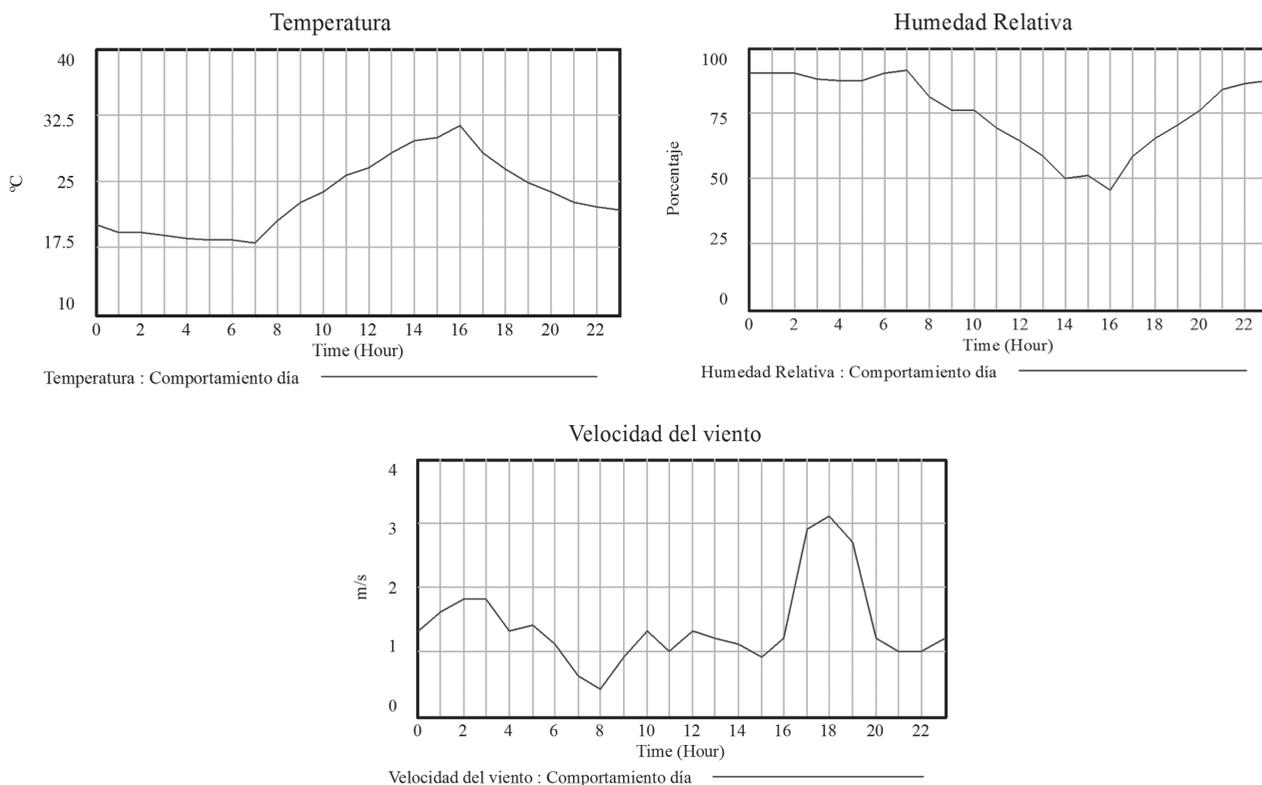


Figura 3. Combinaciones de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento que pueden generar estrés calórico en ganado de carne en pastoreo. HR: humedad relativa, TA: temperatura ambiente, TC: temperatura corporal. Los colores, representan la intensidad del índice, a medida que el índice aumenta, aparecen colores más fuertes.

Vale la pena resaltar que durante el día, el comportamiento de la temperatura y la humedad relativa son inversas (Figura 4), hecho que evita combinaciones de estas variables en sus puntos máximos. Los valores de las variables climáticas evaluadas (T, HR y Vv), pueden cambiar permanentemente a lo largo del día, por ende, trabajar con promedios diarios no reflejaría variaciones en el índice. Una buena estrategia es calcular el índice con intervalo de una hora para determinar su comportamiento diario; en caso de presentarse

valores por encima del umbral por varias horas consecutivas, se presentaría estrés calórico, generando en los animales diversos efectos directos e indirectos, exhibidos en la tasa respiratoria, temperatura corporal, ingestión, digestión, producción de leche, composición de la leche, tiempo de pastoreo, desplazamiento, consumo de agua, entre otros (Arias *et al.* 2008; Nardone *et al.* 2010; Dunshea *et al.* 2013).



**Figura 4.** Comportamiento típico de la temperatura, humedad relativa y velocidad del viento durante el día. Los valores del eje de las ordenadas, son propios para cada zona. Para este ejemplo, se tomó información de la estación meteorológica Palmira (La Rita), de un día del mes de Junio de 2015.

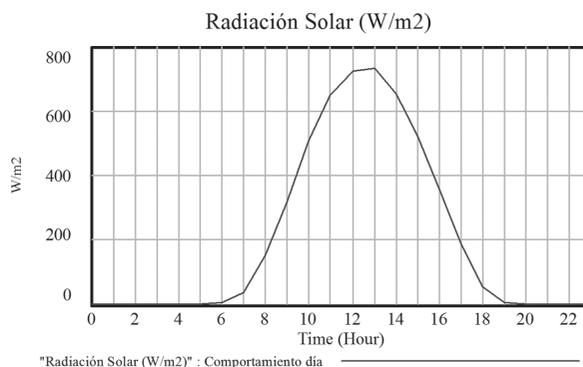
En los escenarios anteriormente mencionados (Figuras 2 y 3), se puede observar cómo al aumentar la temperatura considerablemente, la disminución de la humedad relativa no logra mitigar su respectivo efecto calórico, por lo cual, la velocidad del viento entraría a jugar un rol clave en estos términos. Teniendo en cuenta que las variables climáticas son factores abióticos ajenos al control antrópico, surgen estrategias para atenuar sus efectos, tales como los siste-

mas silvopastoriles, cercas vivas, polisombras, ventilación, humedecimiento, razas adaptadas, manipulación de la dieta, entre otras.

Adicionalmente, en la Tabla 3 y figura 5, se muestra el comportamiento de la variable radiación solar ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) durante un día, dado que en otros estudios (Gomes da Silva *et al.* 2014; Oliveira *et al.* 2014) se considera factor principal del estrés térmico en el ganado bovino.

**Tabla 3.** Valores horarios medios, máximos (Máx), mínimos (Mín) y desviación estándar (D.E) de la radiación solar. Para este ejemplo, se tomó información diaria de los últimos 12 meses (Julio de 2014 a Junio de 2015) de la estación meteorológica RUT.

Horas	6	7	8	9	10	11	12
Media	1,1	32,7	148,1	314,8	506,6	645,3	720,1
D.E	0,9	20,1	69,4	120,0	153,0	165,8	169,0
Mín.	0,0	1,2	8,1	27,9	106,8	103,3	137,0
Máx.	5,8	114,9	330,9	561,9	906,7	1015,9	1093,7
Horas	13	14	15	16	17	18	19
Media	729,0	651,6	519,1	352,5	184,0	51,6	2,0
D.E	177,0	174,4	164,2	129,5	83,5	31,4	1,8
Mín.	120,7	62,7	18,6	27,9	3,5	1,2	0,0
Máx.	1125,0	1012,4	844,1	630,4	377,3	184,6	13,9



**Figura 5.** Comportamiento típico de la radiación solar durante el día. Los valores del eje de las ordenadas, son propios para cada zona. Para este ejemplo, se tomó información media horaria diaria de los últimos 12 meses (Julio de 2014 a Junio de 2015) de la estación meteorológica RUT.

Según Oliveira *et al.* (2014), el ganado bovino disminuye en un 11%, el tiempo de pastoreo cuando se expone a radiaciones solares por encima de 500 W/m<sup>2</sup>.- Por encima de 700 W/m<sup>2</sup>, evitan pastorear. En la figura 5, se puede observar el periodo más álgido de radiación solar para el ganado bovino en condiciones del Valle del Cauca, Colombia.

## Conclusiones

La temperatura ambiental, es la variable climática más influyente sobre los índices biometeorológicos. La humedad relativa y la velocidad del viento, juegan un rol preponderante para mitigar o intensificar el efecto de la temperatura sobre el ganado bovino en condiciones del Valle del Cauca, Colombia. Los índices de carga calórica (ICCVI e ICCc), son herramientas útiles para preveer el efecto del ambiente sobre los animales en sistemas productivos durante ciertos momentos del día para determinados meses del año. El periodo del día más álgido para que los animales puedan enfrentarse a situaciones de estrés colórico se ubica entre las 10:00 y las 16:00 horas, con mayor intensidad entre las 12:00 y las 15:00 horas.

## Agradecimientos

Al Centro Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Colombia (Cenicaña) y a la Cooperativa de Ganaderos del Centro del Valle (Cogancevalle); por la ardua labor en la recopilación y construcción de información meteorológica y de la actividad ganadera, en el departamento del Valle del Cauca, Colombia.

## Referencias

- Arias. R. Mader. T. Escobar. P. (2008). Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Arch Med Vet*, 40, 7-22. doi: 10.4067/S0301-732X2008000100002.
- Barragan. W. Mahecha. L. Cajas. Y. (2015). Variables fisiológicas-metabólicas de estrés calórico en vacas bajo silvopastoreo y pradera sin árboles. *Agro-nomía Mesoam*, 26(2), 211-223. doi: 10.15517/am.v26i2.19277.
- Betocchi. L. Vitali. A. Lacetera. N. Nardone. A. Varisco. G. Bernabucci. U. (2014). Seasonal variations in the composition of Holstein cow's milk and temperature-humidity index relationship. *Animal*, 8(4), 667-674. doi: 10.1017/S1751731114000032.
- Dunsha. F. Leury. B. Fahri. F. DiGiacomo. K. Hung. A. Chauhan. S. Clarke. I. Collier. R. Little. S. Baumgard. L. Gaughan. J. (2013). Amelioration of thermal stress impacts in dairy cows. *Anim Prod Sci*, 53(9), 965-975. doi: 10.1071/an12384.

- Fedegan (Federación Colombiana de ganaderos). Fondo nacional del ganado. (2013). Análisis del inventario ganadero Colombiano: Comportamiento y variables explicativas. <http://www.fedegan.org.co/publicacion-presentaciones/analisis-del-inventario-ganadero-colombiano-comportamiento-y-variables>. 23.11.2014.
- Ferreira. R. (2005). *Maior Produção com Melhor Ambiente para aves, suínos e bovinos*. 1.ed. Viçosa: Aprenda Fácil. 371p.
- Gaughan. J. Mader. T. Holt. S. Lisle. A. (2007). A new heat load index for feedlot cattle. *J Anim Sci*, 86(1), 226 - 234. doi: 10.2527/jas.2007-0305.
- Gomes Da Silva. R. Campos. Maia. A. (2013). Principles of animal biometeorology. *Biometeorology* (2). doi: 10.1007/978-94-007-5733-2.
- Gomes Da Silva. R. Maia. A. Costa. L. (2014). Index of thermal stress for cows (ITSC) under high solar radiation in tropical environments. *Int J Biometeorol*, 59(5), 551-559. doi: 10.1007/s00484-014-0868-7.
- IGAC (Instituto geográfico Agustín Codazzi). (2009). Informe de gestión 2009. 146 p. <http://www.igac.gov.co/wps/wcm/nnect/67c-f9280429c57299959bf319c499db2/Informe+2009+Rendicion+Cuentas.pdf?MOD=AJPERES>. 23.11.2014.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>. 30.01.2015.
- Johnson. H. D. (1987). Bioclimate effects on growth, reproduction and milk production. In *Bioclimatology and the adaptation of livestock*. Nieman-Sorensen-Tribe eds. Amsterdam, Elsevier Science Publishers. pp 35-52.
- Nardone. A. Ronchi. B. Lacetera. N. Ranieri. M. Bernabucci. U. (2010). Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livestock Science*, 130(1-3), 57-69. doi:10.1016/j.livsci.2010.02.011.
- Oliveira. S. Costa. C. Souza. J. Fernandes. J. Maia. A. Costa. L. (2014). Short-wave solar radiation level willingly tolerated by lactating Holstein cows in an equatorial semi-arid environment. *Trop Anim Health Prod*, 46(8), 1413-1417. doi: 10.1007/s11250-014-0657-7.
- Pereira. J. (2005). *Fundamentos de Bioclimatología Aplicados à Produção Animal*. Belo Horizonte: FEPMVZ. 195p.
- SAG - AZOOVALLE. (2004). Plan de especialización bovina del Valle del Cauca. "Paradigmas y Realidades". Cali, 325p.
- Suárez. E. Reza. S. Díaz. E. García. F. Pastrana. I. Cuadrado. H. Espinosa. M. (2012). Efectos de las condiciones ambientales sobre el comportamiento ingestivo en bovinos de carne en un sistema intensivo en el Valle del Sinú. *Corpoica*, 13 (2), 207-212.
- Sullivan. M. Cawdell-Smith. A. Mader. T. Gaughan. J. (2011). Effect of shade area on performance and welfare of short-fed feedlot cattle. *J Anim Sci*, 89(9), 2911-2925. doi: 10.2527/jas.2010-3152.
- Thom. E. C. (1959). The discomfort index. *Weather-wise*, 12(2), 57-61. doi:10.1080/00431672.1959.9926960.