

# Condiciones ambientales y su impacto en la producción y bienestar animal en ganado lechero de doble propósito

\*C. Medrano-Galarza y F. García Castro\*

Email. frgarcia@unisalle.edu.co

Recibido 10 de Noviembre de 2016 Aprobado 22 de diciembre de 2016

## Resumen

Altas temperaturas no solo afectan la producción sino también la reproducción y el nivel de bienestar del ganado bovino. En Colombia, la leche se produce en su mayoría en sistemas de producción doble propósito, pero también en fincas de leche especializadas; ambos sistemas productivos se encuentran en diferentes regiones geográficas del país, trópico bajo y trópico alto, donde las condiciones climáticas son variables y en algunas épocas pueden ser extremas. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del clima sobre la producción de leche en dos sistemas de producción, doble propósito y lechería especializada, ubicados en dos de las principales cuencas lecheras de Colombia, el Valle del Cesar y la Sabana de Bogotá. Se hizo un registro continuo de variables climáticas (temperatura del aire [TA], humedad relativa [HR], precipitación, radiación solar [RS], índice de temperatura/humeda [ITH]) y producción de leche (litros/vaca/día). Para el sistema doble propósito, se encontró una correlación negativa significativa entre el promedio de litros-leche/vaca/día y de TA ( $r = -0.57$ ); una correlación positiva significativa con HR promedio ( $r = 0.67$ ). Se determinó que por cada incremento en la TA de  $1^{\circ}\text{C}$ , la producción de leche vaca/día disminuía 0.45 litros. Para la lechería especializada, se encontró una correlación negativa significativa entre el promedio de litros-leche/vaca/día e ITH ( $r = -0.20$ ). Se determinó que por cada incremento del ITH en una unidad, la producción de leche vaca/día disminuía 0.32 litros. Condiciones climáticas afectan la producción de leche no solo en el trópico bajo sino también en el trópico alto en Colombia.

**Palabras clave:** clima, bovino, producción, leche, bienestar

Environmental conditions and their impact on production and welfare of dairy and dual-purpose cattle

## Abstract

Heat stress not only affects production but reproduction and welfare of cattle. In Colombia, milk is mainly produced in dual-purpose cattle farms, but also dairy farms; both types of production systems located in different geographical regions, low and high tropic, respectively. Climate can vary and can be ex-

treme depending of the season. The objective of this study was to evaluate the effect of environmental conditions on milk production of dual-purpose and dairy cows in two Corpoica research farms located in Valle del Cesar and Sabana de Bogotá regions, respectively. Continuous recording of environmental variables (such as air temperature [AT], relative humidity [RH], and temperature/humidity index [THI]) and milk yield (L/d per cow) was done. Regarding dual-purpose farm, there was a significant negative correlation between average daily milk production per cow and AT ( $r = -0.57$ ), and a significant positive correlation with RH ( $r = 0.67$ ). We found that as temperature increased one unit ( $1^{\circ}\text{C}$ ), daily milk production decreased 0.45 L. In contrast, for dairy farms, there was a significant negative correlation between average daily THI and average daily milk production per cow ( $r = -0.45$ ). We found that as THI increased a unit, daily milk production decreased 0.32 L. High environmental temperatures negatively affected milk production in cattle located in both low and high tropics in Colombia.

**Key words:** climate, bovine, production, milk, welfare

## Introducción

El clima es una combinación de varios elementos que incluyen temperatura, humedad, lluvia, viento, radiación, entre otros. Dependiendo de la ubicación, altitud, disponibilidad de agua, cercanía a montañas y a otros factores, el clima cambia (West, 2003). Existen rangos de temperatura ideales (zona termo-neutral) en los que la producción de un bovino no se vería afectada debido al gasto energético derivado de calentar o enfriar su organismo. Johnson (1987) estimó que para vacas de leche, este rango iba desde  $-0.5$  a  $20^{\circ}\text{C}$ . Otros autores han encontrado que la zona termo-neutral ideal para vacas de leche no debe sobrepasar los  $21^{\circ}\text{C}$  (Igono y col., 1992). Klinedinst y colaboradores (1993) a través de modelos predijeron que altas temperaturas reducen la producción de leche por vaca (para una vaca que en promedio produce 33 kg/d se predijo una reducción de 300 a 900 kg para la temporada entre mayo y septiembre). Altas temperaturas no solo afectan la producción sino también la reproducción del ganado bovino, teniendo que solo entre 10 y 20% de vacas bajo estrés térmico que son inseminadas resultan en preñez. Adicionalmente, el comportamiento del bovino cambia,

volviéndose animales más letárgicos, disminuyendo su consumo de alimento y tiempo de descanso.

En Colombia, la producción de leche bovina tiene su asiento en cuatro regiones: región Atlántica (40% de la producción), Central (34%), Occidental (17%) y Pacífica (9%). La mayoría de la leche se obtiene de sistemas doble propósito (70% de la leche del país (Botero, 2009; Fedegan, 2009). En la región Atlántica, la cuenca lechera más importante es la del Valle del Cesar (Silva y col., 2011; Guzmán, 2013), y en la región Central, una de las cuencas más importantes es la Sabana de Bogotá (Espinal y col., 2005). Colombia se encuentra ubicada en la zona tropical (la línea ecuatorial la atraviesa en el sur), por lo que la temperatura y la radiación solar tienden a ser constantes. Sin embargo, factores geográficos como zonas montañosas (Cordillera de los Andes), hacen que la temperatura no sea la misma en todo el país. El Valle del Cesar ocupa la parte central del departamento del Cesar al nororiente del país; con altitudes entre los 50 y 200 metros sobre el nivel del mar (msnm), y una temperatura promedio anual que supera los  $28^{\circ}\text{C}$ . La Sabana de Bogotá se encuentra sobre la Cordillera Oriental, en el centro

de Colombia, aproximadamente a 2600 msnm, con temperaturas promedio que oscilan entre  $-5^{\circ}$  y  $26^{\circ}\text{C}$ . Su ubicación hace de esta, una zona de temperaturas bajas, sin embargo por la altura y el deterioro progresivo de la capa de ozono, es una zona mayormente expuesta a la radiación solar. Estas condiciones ambientales, en sistemas extensivos como los colombianos, hacen evidente la necesidad de brindarles a los animales de producción un ambiente adecuado y confortable que no afecte su bienestar ni su rendimiento productivo. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del clima sobre la producción de leche en dos sistemas de producción, uno doble propósito y uno lechería especializada, ubicados en el Valle del Cesar y en la Sabana de Bogotá respectivamente.

## Materiales y Métodos

### Selección de Fincas

Este estudio se llevó a cabo en dos tipos de sistemas de producción bovina, lechería especializada y doble propósito. Los sistemas estaban ubicados en los Centros de Investigación de Corpoica: Tibaitatá (altitud: 2428 msnm; ubicación:  $04^{\circ} 41' 43''$  N,  $74^{\circ} 12' 18''$  O) y Motilonia (Altitud: 131 msnm; Ubicación:  $10^{\circ} 2' 12''$  N,  $73^{\circ} 14' 13''$  O), región Andina – Mosquera, Sabana de Bogotá, y región Caribe – Codazzi, Valle del Cesar, respectivamente. El tamaño promedio (Media  $\pm$  Desviación Estándar [DE]) del rebaño de vacas en producción de las fincas evaluadas fue  $77.1 \pm 5.6$  vacas para la lechería especializada y  $19.2 \pm 7.1$  vacas para el doble propósito. El tipo racial predominante para la lechería fue Holstein; en el doble propósito la mayoría eran cruces de las razas Girolando, Cebú, Holstein y Jersey.

### Actividades y Mediciones

El estudio se llevó durante el segundo semestre de 2013. En el sistema doble propósito se realizaron pesajes de leche por vaca semanal. En el sistema de leche-

ría se obtuvieron datos de producción de leche (L/d por vaca) a través de los registros de la finca. Se hizo registro continuo de variables climáticas (Temperatura del Aire – TA, Humedad Relativa – HR, Precipitación y Radiación Solar - RS) por medio de estaciones meteorológicas (Advantage Pro - Davis Instruments®). A partir de los datos de TA y HR se calculó el Índice de Temperatura – Humedad (ITH; Figura 1) con la fórmula propuesta por Marder y col. (2006) (citada en Dikmen y Hansen, 2009) donde,

$$\text{ITH} = 0,81 \text{ TA} + ((\text{HR}/100) \times (\text{TA} - 14,4)) + 46,4$$

### Análisis Estadístico

Para el análisis descriptivo y estadístico se utilizó el software Excel® (Microsoft) y Minitab 16.2.4 (Minitab Inc.). Normalidad y homogeneidad de varianza fueron evaluados con las pruebas Anderson-Darling (Test de normalidad) y F-test respectivamente. Para determinar la relación entre la producción de leche y las variables climáticas, se calculó la Correlación de Pearson entre promedio de litros-leche/vaca/día con el promedio de la TA, HR, Precipitación, RS e ITH de los 7 días previos al pesaje de la leche. Regresión lineal simple se utilizó para determinar el grado de variación de la producción de leche/vaca/día debido al efecto de las variables climáticas.

## Resultados

### Sistema doble propósito

La producción de leche promedio por vaca/día (Media  $\pm$  DE) para el sistema doble propósito fue  $5.3 \pm 1.5$  L. La temperatura promedio del aire a lo largo del periodo de estudio fue  $27.5 \pm 3.9^{\circ}\text{C}$ , con valores que iban desde  $20.2$  a  $39.3^{\circ}\text{C}$  (Tabla 1, Figura 2).

La humedad relativa promedio fue de  $83.8 \pm 14.3$  % (mín =  $37.0\%$ , máx =  $100\%$ ). La precipitación promedio fue de  $0.42 \pm 6.9$  mm con valores que variaron

entre 0.0 y 179.8 mm. La radiación solar promedio fue  $214.9 \pm 298.4 \text{ W/m}^2$  (mín =  $0.0 \text{ W/m}^2$ ; máx =  $1137.0 \text{ W/m}^2$ ). El ITH promedio fue de  $79.2 \pm 4.4 \%$ , encontrándose variaciones entre 68.2 y 89.7% (Figura 3).

Se encontró una correlación negativa entre el promedio de litros-leche/vaca/día y la temperatura del aire promedio ( $r = -0.57$ ;  $P = 0.01$ ) (Figura 4). En contraste, la producción diaria de leche por vaca incrementó a medida que la humedad promedio aumentaba ( $r = 0.67$ ;  $P < 0.001$ ), Figura 5.

Adicionalmente, se encontró una correlación negativa entre producción de leche e ITH, que aunque no significativa hubo una tendencia ( $r = -0.41$ ;  $P = 0.09$ ). No se encontró correlaciones entre producción de leche y precipitación o radiación solar. Adicionalmente, se determinó que por cada incremento de la temperatura del aire en  $1^\circ\text{C}$ , la producción de leche vaca/día disminuía 0.45 L ( $t = -2.77$ ;  $p = 0.001$ ;  $r^2 = 28.2$ ).

### **Sistema Lechería Especializada**

La producción de leche promedio por vaca/día (Media  $\pm$  DE) fue  $16.9 \pm 5.3 \text{ L}$ . La temperatura promedio del aire a lo largo del periodo de estudio fue  $12.9 \pm 3.8 \text{ }^\circ\text{C}$ , con valores que iban desde 1.3 a  $23.0 \text{ }^\circ\text{C}$  (Tabla 2, Figura 6).

La humedad relativa promedio fue de  $80.9 \pm 14.1\%$  (mín=35.0%, máx=99.0%). La precipitación promedio fue de  $0.01 \pm 0.22 \text{ mm}$  con valores que variaron entre 0.0 y 12.4 mm. La radiación solar promedio fue  $121.8 \pm 223.3 \text{ W/m}^2$  (mín=0.0  $\text{W/m}^2$ ; máx=1297.0  $\text{W/m}^2$ ). El ITH promedio fue de  $55.2 \pm 6.3 \%$ , encontrándose variaciones entre 34.6 y 67.8%.

Se encontró una correlación negativa entre el promedio de litros-leche/vaca/día y el promedio del Índice de temperatura-humedad (ITH) ( $r = -0.20$ ;  $P = 0.04$ ), Figura 7.

La radiación solar también tuvo un efecto negativo sobre la producción de leche ( $r = -0.45$ ;  $P < 0.001$ ). No se encontró correlación entre producción de leche y TA, HR ni precipitación. Adicionalmente, se determinó que por cada incremento del ITH en una unidad, la producción de leche vaca/día disminuía 0.32 litros ( $t = -2.0$ ;  $P = 0.04$ ;  $r^2 = 2.9$ ).

### **Discusión**

El bienestar del ganado bovino debe estar enfocado a mejorar la calidad de vida de estos animales en los diferentes sistemas de producción existentes. El cambio climático y la destrucción de la capa de ozono han generado que zonas frías y altas como la Sabana de Bogotá sufran incrementos en temperatura y radiación solar; y que zonas de por sí templadas-calientes como el Valle del Cesar incrementen su temperatura promedio.

La temperatura promedio del aire en el sistema doble propósito (Codazzi, Valle del Cesar) fue de  $27.5^\circ\text{C}$ , sobrepasando los límites máximos de la zona termoneutral establecida por varios autores (Berman y col. (1985):  $25\text{-}26^\circ\text{C}$ ; Johnson (1987):  $20^\circ\text{C}$ ; Igolo y col. (1992):  $21^\circ\text{C}$ ) en la cual no se experimenta estrés térmico y se puede alcanzar una producción óptima. Análogamente, el índice de temperatura-humedad promedio fue 79.2%, sobrepasando los valores máximos establecidos (72%, pero varían según el autor, ej. Igolo y col. (1992): 76%; Wiersma (1990): 72-78%; Rodrigues da Silva y col. (2011): 74-78%), generando un ambiente de estrés moderado a severo para los bovinos. Lo anterior se vio reflejado en la producción de leche litros/vaca/día, donde ésta se vio negativamente afectada por las altas temperaturas, lo que esta en concordancia con los hallazgos de otros estudios, que demostraron que las vacas adultas se ven mucho más afectadas por el calor que por el frío, con repercusiones negativas sobre la producción e indicadores reproductivos (Hemsworth y col., 1995).

En la Sabana de Bogotá, la temperatura promedio y máxima del aire (16.9°C y 23°C) se encontraron dentro de la zona de confort (termoneutral). El índice de temperatura-humedad promedio y máximo igualmente no superaron el 72%, valor establecido como límite entre confort térmico y el inicio del discomfort (Armstrong, 1994), sabiendo que un ITH de 72 es igual a una temperatura de 25°C y una humedad del 50% (Tucker y col., (2008). A pesar de encontrar la temperatura del aire y el ITH por debajo de los límites máximos, este último y la radiación solar afectaron negativamente la producción de leche, encontrándose que por cada incremento en una unidad de ITH, la producción de leche se disminuyó 0.32 litros, resultados similares a los hallazgos de Ingraham (1979) y Ravagnolo y colaboradores (2000), donde la producción de leche disminuyó en 0.32 kg y 0.2 kg respectivamente. El nivel de radiación solar promedio encontrado en este estudio, específicamente en Sabana de Bogota fue de 121.8 W/m<sup>2</sup>, con valores máximos de 1297 W/m<sup>2</sup>, resultados similares a un estudio realizado por Tucker y colaboradores (2008) en Nueva Zelanda (bajo unas condiciones ambientales muy similares a las de Sabana de Bogotá), donde la media fue 227 W/m<sup>2</sup> (rango: 0 a 1309 W/m<sup>2</sup>). En este estudio, encontraron que a medida que incrementaba la radiación, el uso de sombra por parte de las vacas incrementaba; adicionalmente, las vacas siempre tendieron a utilizar más la sombra que las protegía en un 99% de la radiación solar en comparación con sombras que solo

las protegía en un 25 o 50%. Lo anterior demuestra que el ganado bovino siempre usará la sombra si esta se le provee, por tanto la provisión de sombra mitigaría las pérdidas productivas asociadas con altas temperaturas o altos índices de temperatura-humedad (Tucker y col., 2008).

Este estudio, muestra la importancia de proveer sombra a los bovinos, no solo en ambientes donde la temperatura normalmente es elevada como en el caso del Valle del Cesar, sino también en zonas con altitudes elevadas donde la exposición a la radiación solar es más directa como la Sabana de Bogotá. Esto con el fin de no solo evitar pérdidas económicas por la depleción en la producción de leche, sino para evitar detrimento del nivel de bienestar de los bovinos por efectos negativos de altas temperaturas en el comportamiento de ingesta y descanso de estos.

## Conclusiones

La producción de leche y el bienestar de vacas lecheras se ven seriamente afectados por altas temperaturas, altos índices de temperatura-humedad y altos niveles de radiación solar. La producción de leche se reduce entre 0.45 y 0.32 litros/vaca/día por cada grado o unidad que incrementa la temperatura o el ITH respectivamente. Estos resultados demuestran la necesidad de implementar métodos naturales o artificiales que ofrezcan protección a los animales contra las altas temperaturas.

## Referencias

1. Armstrong DV. 1994. Symposium: Nutrition and heat stress. Heat stress interaction with shade and cooling. *Journal of Dairy Science*. 77:2044-2050.
2. Berman A, Folman Y, Kaim M, Mamen M, Herz Z, Wolfenson D, Arieli A, Graber Y. 1985. Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a subtropical climate. *Journal of Dairy Science*. 68:1488-1495.
3. Botero, LM. 2009. Ganadería vacuna trashumante: desarrollo del sistema doble propósito y su valor para la seguridad alimentaria. I Congreso Internacional de Bovinos en Doble Propósito Trópico Alto, Medio y Bajo. Cartagena de Indias- Colombia: 25-27 de mayo

- de 2009. Asodoble. En: [http://www.asodoble.com/congreso-asodoble/botero-luz/trashumancia-dp-sa\\_%20botero0509\\_%20Asodoble.pdf](http://www.asodoble.com/congreso-asodoble/botero-luz/trashumancia-dp-sa_%20botero0509_%20Asodoble.pdf). Consulta: Diciembre 2013.
4. Dikmen S, Hansen PJ. 2009. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? *Journal of Dairy Science*. 92:109-116.
  5. Espinal CF, Martínez HJ, González FA. 2005. La cadena de lácteos en Colombia. Una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005. Ministerio de Agricultura y Desarrollo rural. Observatorio Agrocadenas Colombia. En: [http://www.agronet.gov.co/www/docs\\_agronet/2005112162250\\_caracterizacion\\_lacteos.pdf](http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/2005112162250_caracterizacion_lacteos.pdf). Consulta: Enero 2014.
  6. FEDEGAN, 2009. Inventario Bovino Nacional. En: <http://www.fedegan.org.co/estadisticas/inventario-bovino-nacional>. Consulta: Diciembre 2013.
  7. Guzmán K. 2013. La industria de lácteos en Valledupar: primera en la región Caribe. Documentos de trabajo sobre economía regional. Banco de La República. No. 184. ISSN 1692-3715. En: [http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura\\_finanzas/pdf/dtser\\_184.pdf](http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura_finanzas/pdf/dtser_184.pdf). Consulta: Diciembre 2013.
  8. Hemsworth, PH, Barnett, JL, Beveridge, L, Matthews, LR. 1995. The welfare of extensively managed dairy cattle: A review. *Applied Animal Behaviour Science*. 42:161-182.
  9. Igono MO, Bjotvedt G, Sanford-Crane HT. 1992. Environmental profile and critical temperature effects on milk production of Holstein cows in desert climate. *Int J Biometeorol*. 36:77-87.
  10. Ingraham RH, Stanley RW, Wagner WC. 1979. Seasonal effects of tropical climate on shaded and nonshaded cows as measured by rectal temperature, adrenal cortex hormones, thyroid hormone, and milk production. *Am. J. Vet. Res.* 40:1792-1797.
  11. Johnson HD. 1987. Bioclimates and livestock. *Bioclimatology and the adaptation of livestock*.
  12. World Animal Science. (H. D. Johnson, ed.) Elsevier Science Publ. Co., New York.
  13. Klinedinst PL, Wilhite DA, Hahn GL, Hubbard KG. 1993. The potential effects of climate change on summer season, dairy cattle milk production and reproduction. *Climate Change*. 23:21-36.
  14. Ravagnolo O, Misztal I, Hoogenboom G. 2000. Genetic component of heat stress in dairy cattle, development of heat index function. *Journal Dairy Science*. 83:2120-2125.
  15. Rodrigues da Silva JA, Alencar de Araújo A, de Brito Lourenço J, Alves dos Santos NF, Rossetto Garcia A, de Souza Nahúm B. 2011. Conforto térmico de búfalas em sistema silvipastoril na Amazônia Oriental. *Pesq. Agropec. Bras.* 46:1364-1371.
  16. Silva JE, Pulido J, Ballesteros H, Abuabara Y, Benavides E, Rodríguez G, Roncallo B, Abadía B, Molina J. 2011. Modelos tecnológicos y calidad de la leche en sistemas bovinos de doble propósito de la Región Caribe. *Corpoica*. Bogotá, Colombia. 60 p.
  17. Tucker CB, Rogers AR, Schütz KE. 2008. Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in a pasture-based system. *Applied Animal Behaviour Science*. 109:141-154.
  18. West JW. 2003. Effects of heat-stress on production in Dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 86:2131-214

Tabla 1. Variables climáticas por mes para el municipio de Codazzi, Valle del Cesar (ubicación del sistema doble propósito).

Meses	Temperatura del Aire (°C)				Humedad Relativa (%)			
	Media	DE	Mínimo	Máximo	Media	DE	Mínimo	Máximo
Mayo	26.8	2.6	23.4	32.9	90.3	8.0	70.0	98.0
Junio	28.0	3.9	22.1	38.1	82.9	14.2	41.0	99.0
Julio	28.3	4.4	21.8	39.3	80.5	16.0	38.0	99.0
Agosto	27.5	3.7	21.3	38.2	85.9	13.5	37.0	99.0
Septiembre	26.6	3.5	21.8	36.5	87.8	11.5	53.0	100.0
Octubre	26.8	3.5	21.8	36.2	86.3	12.5	47.0	100.0
Noviembre	27.1	3.7	20.4	35.4	80.8	15.1	38.0	100.0
Diciembre	26.2	3.6	20.2	33.3	81.5	15.9	49.0	100.0
Meses	Precipitación (mm)				Radiación Solar (W/m2)			
	Media	DE	Mínimo	Máximo	Media	DE	Mínimo	Máximo
Mayo	0.4	1.9	0.0	15.8	183.9	258.7	0.0	962.0
Junio	0.1	1.4	0.0	29.4	217.1	304.0	0.0	1137.0
Julio	1.4	14.6	0.0	179.8	232.2	312.0	0.0	1023.0
Agosto	0.1	1.6	0.0	46.7	207.3	290.8	0.0	1024.0
Septiembre	0.2	1.8	0.0	35.8	206.4	295.1	0.0	1002.0
Octubre	0.1	1.3	0.0	23.0	216.6	300.8	0.0	934.0
Noviembre	0.1	1.4	0.0	34.8	208.4	284.0	0.0	994.0
Diciembre	0.0	0.1	0.0	1.0	179.0	257.8	0.0	790.0
Meses	Índice de Temperatura-Humedad							
	Media	DE	Mínimo	Máximo				
Mayo	79.0	3.4	74.1	86.7				
Junio	79.9	4.4	71.7	88.8				
Julio	79.8	4.6	71.2	89.7				
Agosto	79.4	4.1	70.3	88.7				
Septiembre	78.2	4.3	71.4	87.7				
Octubre	78.5	4.1	71.1	87.2				
Noviembre	78.1	4.1	68.3	86.5				
Diciembre	76.7	4.0	68.2	83.1				

Tabla 2. Variables climáticas por mes para el municipio de Mosquera, Cundinamarca (ubicación del sistema de lechería especializada).

Meses	Temperatura del Aire (°C)				Humedad Relativa (%)			
	Media	DE	Mínimo	Máximo	Media	DE	Mínimo	Máximo
Junio	13.1	4.1	3.1	21.7	80.1	14.3	47.0	99.0
Julio	12.8	4.0	2.0	21.7	81.2	13.9	35.0	99.0
Agosto	13.0	3.4	3.8	20.4	81.9	13.4	46.0	99.0
Septiembre	13.3	3.8	1.3	22.0	79.8	14.6	42.0	99.0
Octubre	12.7	4.8	4.5	23.0	80.6	19.9	12.2	100.0
Noviembre	13.7	3.8	8.2	21.0	84.3	16.2	44.0	100.0
Meses	Precipitación (mm)				Radiación Solar (W/m <sup>2</sup> )			
	Media	DE	Mínimo	Máximo	Media	DE	Mínimo	Máximo
Junio	0.0	0.1	0.0	1.2	163.9	231.7	0.0	1086.0
Julio	0.0	0.2	0.0	4.8	21.9	103.6	0.0	978.0
Agosto	0.0	0.4	0.0	12.4	147.2	241.0	0.0	1297.0
Septiembre	0.0	0.1	0.0	3.0	174.2	253.0	0.0	1074.0
Octubre	0.6	2.4	0.0	19.3	240.0	289.7	0.0	785.0
Noviembre	1.1	3.3	0.0	19.8				
Meses	Índice de Temperatura-Humedad							
	Media	DE	Mínimo	Máximo				
Junio	55.5	6.8	37.8	67.4				
Julio	54.6	6.7	35.9	67.5				
Agosto	55.3	5.6	39.1	66.0				
Septiembre	55.8	6.2	34.6	67.8				
Octubre	54.6	7.6	40.4	68.4				
Noviembre	55.8	6.2	34.6	67.8				

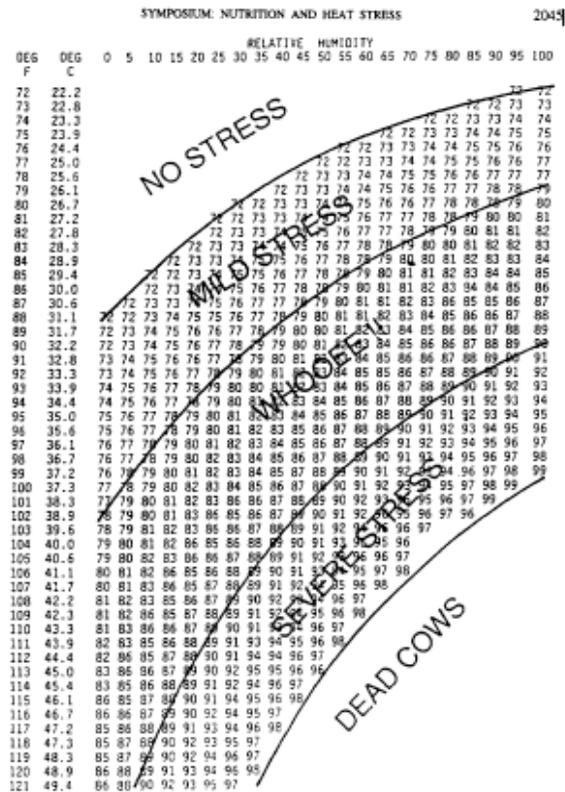


Figura 1. Índice de Temperatura Humedad (ITH) para estimar el estrés calórico en vacas de leche (Wiersma, 1990, Department of Agricultural Engineering, The University of Arizona, Tucson; Citado en Armstrong, 1994).

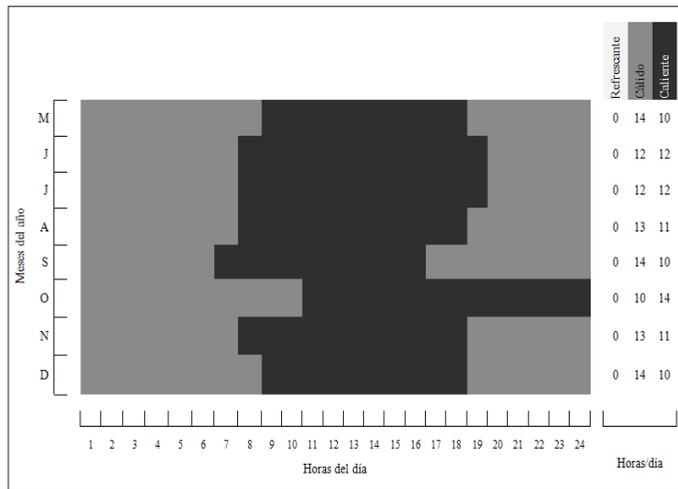


Figura 2. Patrón de temperatura del aire diaria para Codazzi, Valle del Cesar por cada mes del 2<sup>do</sup> semestre del año, desde Mayo (M) a Diciembre (D). Temperatura del aire se clasificó como: Refreshante = Ambiente donde la temperatura promedio no superó los 21°C; Cálido = Ambiente donde la temperatura promedio estaba entre 21.1 y 26.9°C; y Caliente = Ambiente donde la temperatura promedio superó los 27°C. Datos de temperatura cada hora fueron usados para calcular medias mensuales.

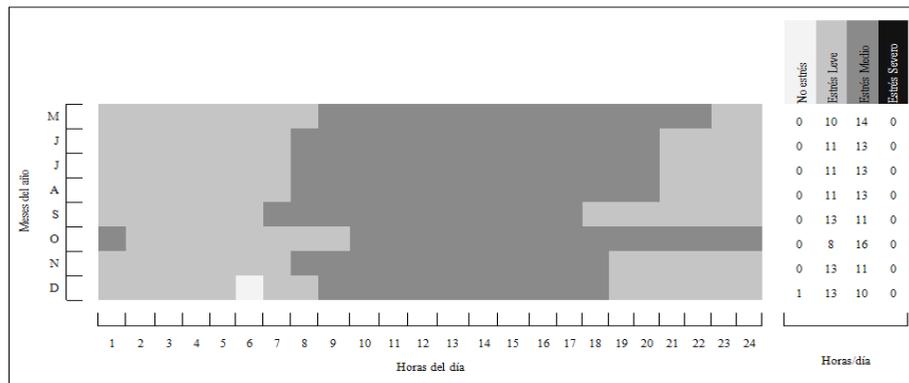


Figura 3. Patrón de distribución del ITH diario para Codazzi, Valle del Cesar por cada mes del 2<sup>do</sup> semestre del año, desde Mayo (M) a Diciembre (D). Las condiciones ambientales se clasificaron según el nivel de estrés calórico en: No estrés = Ambiente donde el ITH promedio  $\leq 72\%$ ; Estrés leve = Ambiente donde el ITH promedio estaba entre 72.1 y 77.9%; Estrés medio = Ambiente donde el ITH promedio estaba entre 78 y 89.9%; y Estrés severo = Ambiente donde el ITH promedio sobrepasó los 90%. Datos de ITH cada hora fueron usados para calcular medias mensuales.

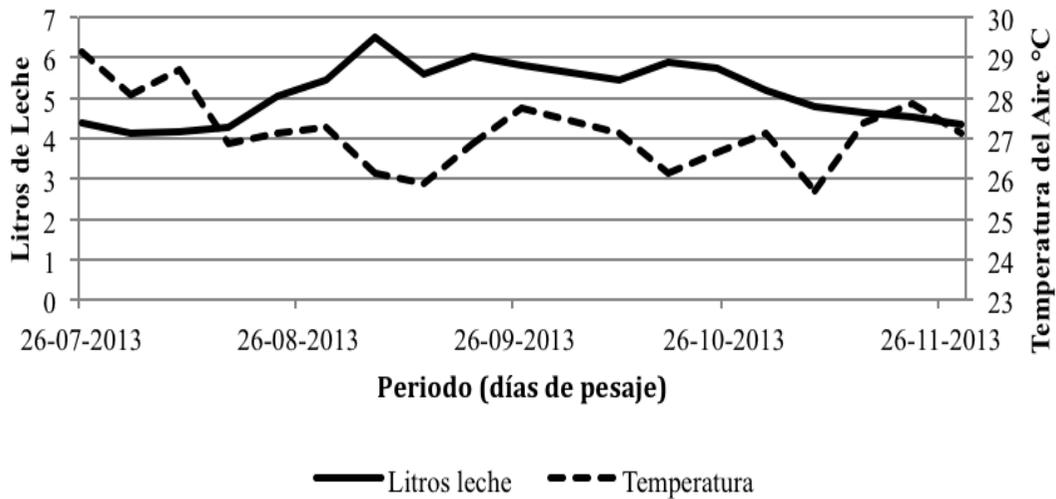


Figura 4. Contraste entre el promedio de litros de leche/vaca/día y el promedio de la temperatura del aire de los 7 días previos al pesaje de leche para el sistema de producción doble propósito (Codazzi, Valle del Cesar).

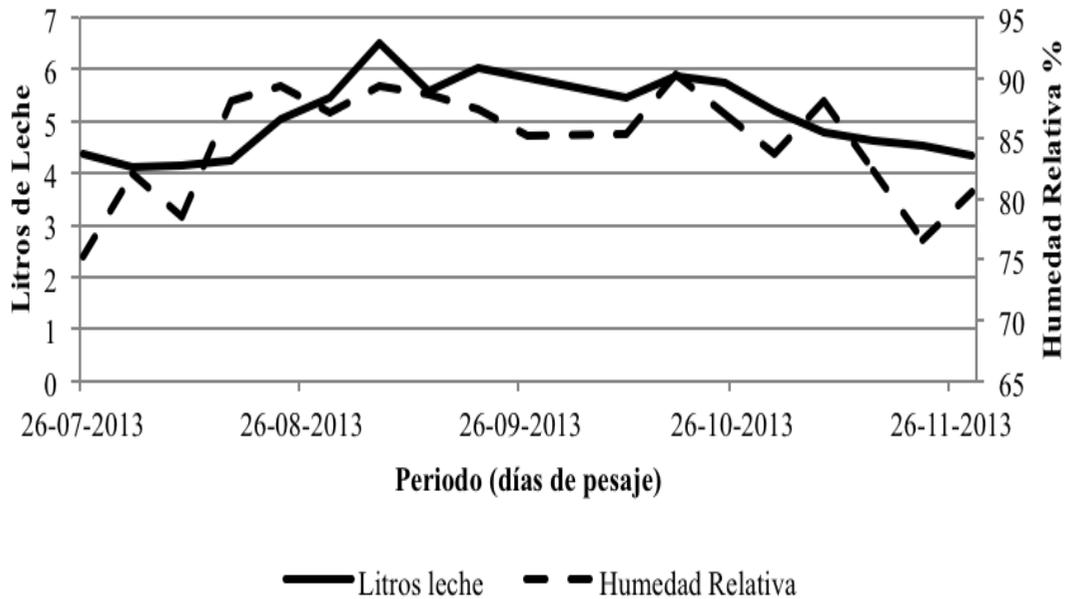


Figura 5. Contraste entre el promedio de litros de leche/vaca/día y el promedio de la Humedad Relativa de los 7 días previos al pesaje para el sistema de producción doble propósito (Codazzi, Valle del Cesar).

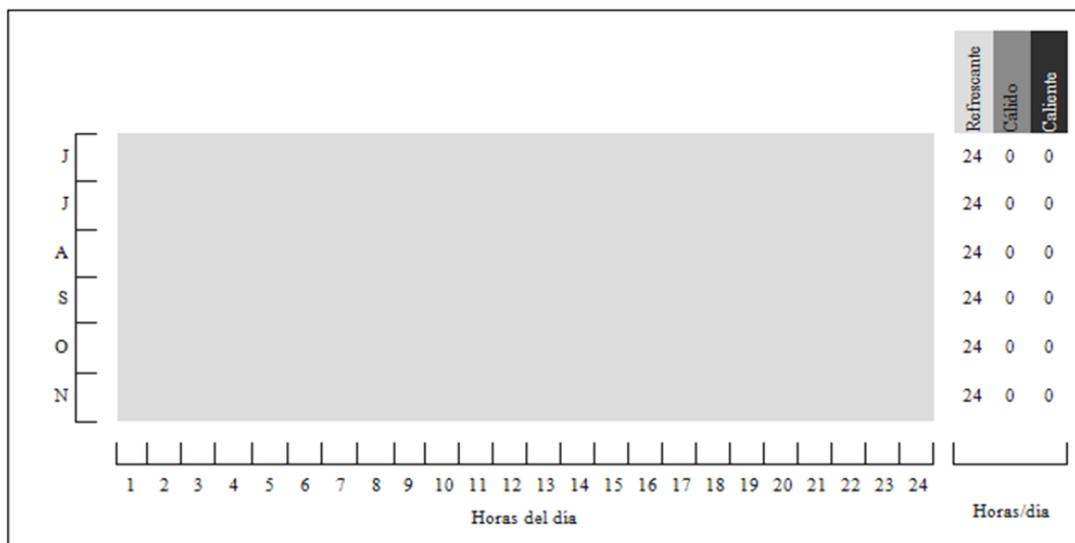


Figura 6. Patrón de temperatura del aire diaria para Mosquera, Cundinamarca por cada mes del 2<sup>do</sup> semestre del año, desde Junio (J) a Noviembre (N). Temperatura del aire se clasificó como: Refrescante = Ambiente donde la temperatura promedio no superó los 21°C. Cálido = Ambiente donde la temperatura promedio estaba entre 21.1 y 26.9°C; y Caliente = Ambiente donde la temperatura promedio superó los 27°C. Datos de temperatura cada hora fueron usados para calcular medias mensuales

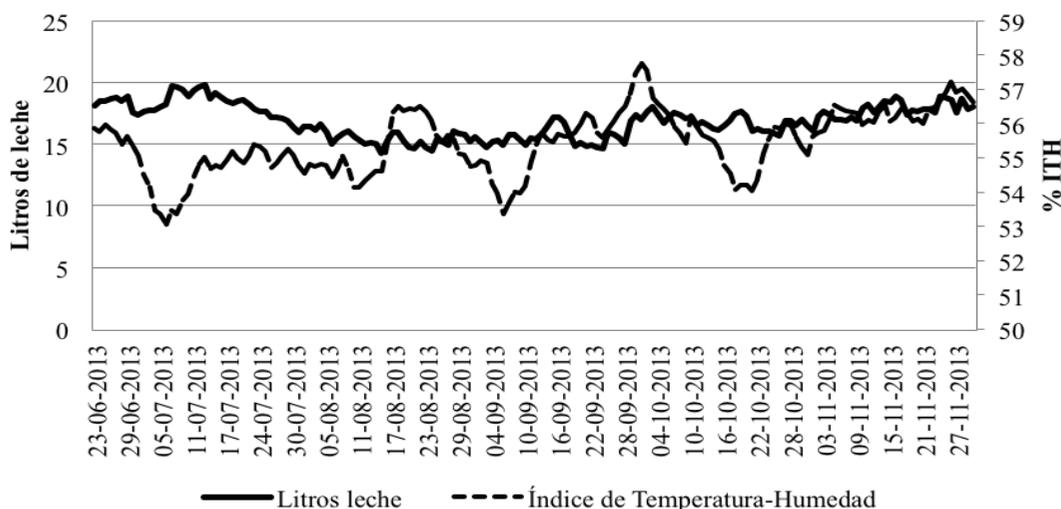


Figura 7. Contraste entre el promedio de litros de leche/vaca/día y el promedio de Índice de Temperatura-Humedad Relativa (ITH) de los 7 días previos al registro de la producción de leche por animal en la lechería especializada (Mosquera, Cundinamarca).