



ESTRÉS CALÓRICO EN VACAS LECHERAS: ASPECTOS FISIOLÓGICOS Y MANEJO AMBIENTAL

Leonel Avendaño Reyes

Cuerpo Académico: Fisiología y Genética Animal
**INSTITUTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**

David, Panamá, Agosto de 2018

PUNTOS A TRATAR

- Cambio Climático y Producción Animal
- Mecanismos fisiológicos involucrados en el estrés por calor (EC)
- Efectos en la producción y reproducción
- Pérdidas económicas por el EC
- Formas de mitigación del EC
- Tecnologías para medición del EC
- Resultados de estudios sobre mitigación del EC en el valle de Mexicali, B.C.

CAMBIO CLIMATICO

- Tema de primer orden a nivel mundial.
- Calentamiento del planeta por el efecto invernadero.
- El crecimiento demográfico, el consumo energético de combustibles fósiles y otros procesos industriales y fisiológicos son responsables del aumento gradual de las temperaturas en el planeta (Weart, 2003).



Efectos del Cambio Climático:

- Cambios en variables climáticas (temp, humedad, precipitación).
- Escasez del recurso agua e incremento de la pérdida de agua por evaporación del suelo.
- Tendencia a la desertificación.
- Disminución en la productividad de las especies zootécnicas

Estos cambios han dado lugar a un área dentro de la Producción Animal llamada “Manejo Ambiental”

El estrés que sufre el ganado durante el verano es más intenso que durante el invierno, por lo que el EC posee un mayor impacto en la productividad del ganado (Collier et al., 2006).



Entre las razas productoras de leche, la Holstein es particularmente más sensible al EC por su origen (zonas frías de Europa) y por su alta producción.

- El Estrés Calórico (EC) es una condición que experimenta el ganado cuando es incapaz de mantener su balance térmico por factores ambientales (ZTN: -5 a 25 °C).
- El Norte de México es una región particularmente vulnerable al Cambio Climático, ya que incluye zonas áridas y semi-áridas dentro de su ecosistema.



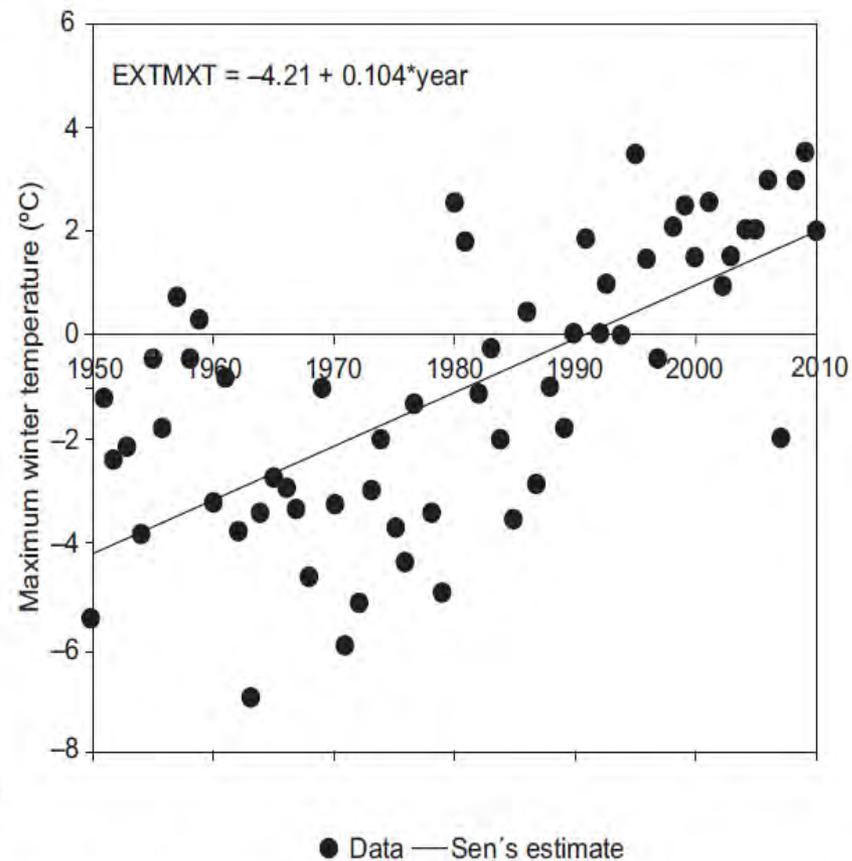
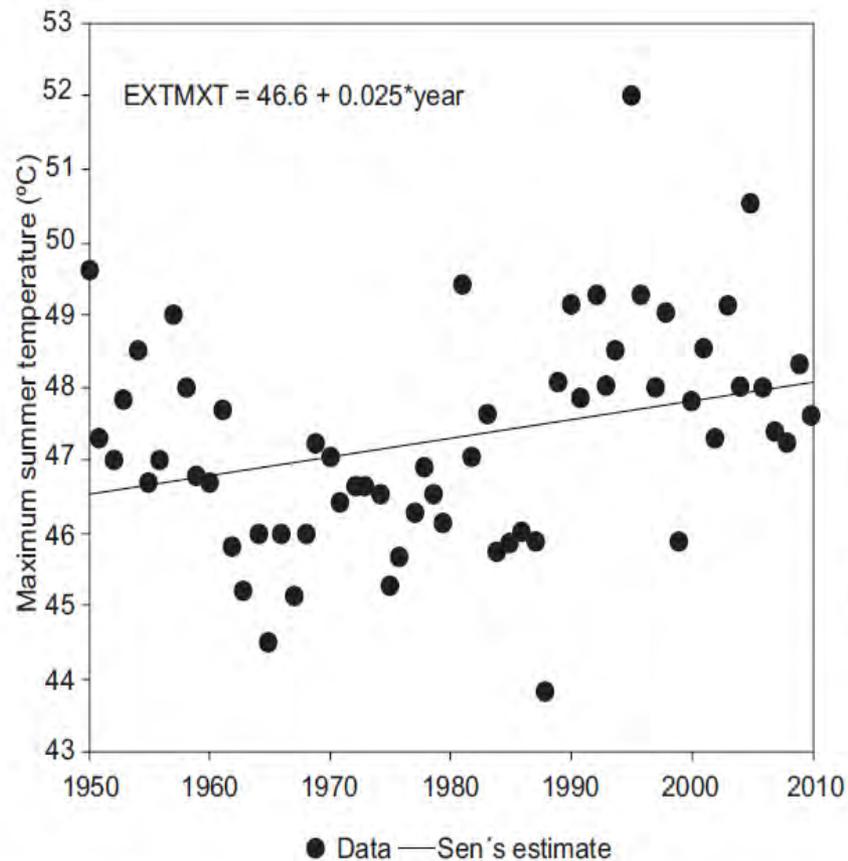


Fig. 2. Trends in summer extreme maximum temperatures (left) and winter extreme minimum temperatures (right) in Mexicali, Mexico, for the period 1950-2010. The slope was estimated with the Sen method.

Tomado de:

García-Cueto, O.R. et al., 2013. Extreme temperature scenarios in Mexicali, México, under climate change conditions. *Atmósfera*, 26(4):509-520.

PROYECCION DE ESCENARIOS CLIMATICOS EN MEXICALI, BAJA CALIFORNIA

Table IV. Estimated maximum (EXTMXT) and minimum (EXTMNT) temperature levels, and 95% confidence interval, using the GEV distribution and a covariable in Mexicali, Mexico.

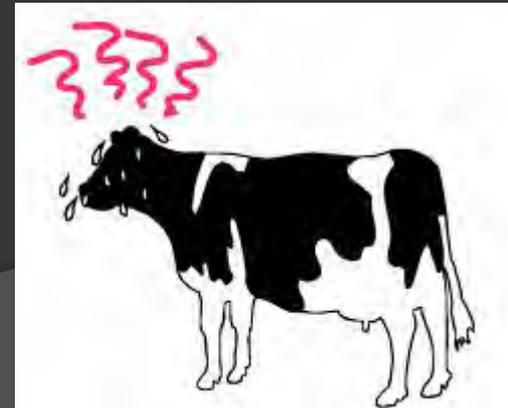
Time horizons	Estimate (°C)		Lower limit (°C)		Upper limit (°C)	
	EXTMXT	EXTMNT	EXTMXT	EXTMNT	EXTMXT	EXTMNT
2015	46.7	5.1	46.2	4.3	47.2	5.9
2020	46.9	5.5	46.3	4.7	47.4	6.4
2025	47.0	6.0	46.3	5.1	47.6	6.9
2030	47.1	6.4	46.4	5.4	47.8	7.4
2035	47.2	6.9	46.5	5.7	48.0	8.0
2060	47.9	9.1	46.9	7.8	48.8	10.5
2085	48.5	11.4	47.4	9.8	49.6	13.0
2110	49.2	13.6	48.0	11.9	50.3	15.3

Consideraciones

1. Existen 3 formas de contrarrestar el EC: a) manipulación nutricionales, b) manipulación genética, c) manipulación ambiental (Collier, 1986).
2. Gran parte de la industria lechera en México se encuentra distribuida en zonas áridas, semiáridas y tropicales.
3. El uso de sistemas de enfriamiento (SE) representa una estrategia ambiental confiable para reducir los efectos negativos del EC.

¿QUE DETERMINA LA SEVERIDAD DEL EC?

1. La temperatura y humedad relativa actuales,
2. La longitud de la onda de calor,
3. El grado de enfriamiento nocturno presente,
4. La ventilación y el flujo de aire existente,
5. El tamaño de las vacas,
6. El nivel de producción y consumo de MS previo al EC,
7. Alojamiento (tipo, densidad, materiales, etc.),
8. Disponibilidad de agua,
9. Raza (colores, pelaje).



Valores del índice temperatura-humedad de acuerdo con diferentes medidas de temperatura y humedad relativa (Armstrong, 1994).

Temperatura, °C	Humedad Relativa, %																																																	
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100																													
22.2																					72	72																												
22.8																					72	72	73	73																										
23.3																						72	72	73	74	74																								
23.9																							72	72	73	73	74	75																						
24.4																								72	72	73	73	74	75	76																				
25.0																									72	72	73	73	74	75	76	77																		
25.6																										72	73	73	74	75	76	77	77																	
26.1																											72	73	73	74	75	76	77	78	79															
26.7																												72	73	73	74	75	76	77	78	79	80													
27.2																													72	73	73	74	75	76	77	78	79	80	81											
27.8																														72	73	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82									
28.3																														72	73	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83								
28.9																														72	73	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84							
29.4																														72	72	73	74	75	75	76	77	78	78	80	81	82	83	84	85					
30.0																														72	73	74	74	75	76	77	78	78	79	80	81	81	82	83	84	85	86			
30.6																														72	73	73	74	75	76	77	77	78	79	80	81	81	82	83	84	85	86	87		
31.1																														72	73	74	75	75	76	77	78	79	80	81	81	82	83	84	85	86	87	88		
31.7																														72	73	74	75	76	76	77	78	79	80	81	81	82	83	84	85	86	87	88	89	
32.2																														72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90		
32.8																														73	74	75	76	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	86	87	88	89	90	91
33.3																														73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	85	86	87	88	89	90	91	92
33.9																														74	75	76	77	78	79	80	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93
34.4																														74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94
35.0																														75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
35.6																														75	76	77	78	79	80	81	82	83	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
36.1																														76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	91	92	93	94	95	96	97
36.7																														76	77	78	79	80	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	93	94	95	96	97	98
37.2																														76	78	79	80	81	82	83	84	85	87	88	89	90	91	92	93	94	96	97	98	99
37.3																														77	78	79	80	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	97	98	99
38.3																														77	79	80	81	82	83	86	86	87	88	89	90	92	93	96	95	96	97	99		
38.9																														78	79	80	81	83	86	85	86	87	88	89	90	91	92	96	95	96	97	96		
39.6																														78	79	81	82	83	86	86	87	88	89	91	92	94	96	96	97					
40.0																														79	80	81	82	86	85	86	88	89	90	91	92	93	96	95	96					
40.6																														79	80	82	83	86	86	87	88	89	91	92	93	96	96	97						
41.1																														80	81	82	86	85	86	88	89	90	91	93	94	95	97	98						
41.7																														80	81	83	86	85	87	88	89	91	92	94	95	96	98							
42.2																														81	82	83	85	86	87	89	90	92	93	94	96	97								
42.3																														81	82	86	85	87	88	89	91	92	94	95	96	98								
43.3																														81	83	86	86	87	89	90	91	93	94	96	97									
43.9																														82	83	85	86	88	89	91	93	94	95	96	98									
44.4																														82	86	85	87	88	90	91	94	94	96	97										
45.0																														83	86	86	87	89	90	92	95	95	96	96										
45.4																														83	85	86	88	89	91	92	94	96	97											
46.1																														86	85	87	88	90	91	94	95	96	98											
46.7																														86	86	87	89	90	92	94	95	97												
47.2																														85	86	88	89	91	93	94	96	98												
47.3																														85	87	88	90	92	93	95	97													
48.3																														85	87	89	90	92	94	96	97													
48.9																														86	88	89	91	93	94	96	98													
49.4																														86	88	90	92	93	95	97														
50.0																														90	89	90	92	94	96															

Sin Estrés

Estrés Ligero

Estrés Moderado

Estrés Severo

Muerte

EFFECTOS DEL EC EN GANADO LECHERO DE ACUERDO AL ITH

ITH	NIVEL DE ESTRES	EFFECTOS
<72	Ninguno	Productividad normal
72-79	Ligero	Búsqueda de sombra, aumento de respiración y dilatación de vasos sanguíneos. Mínimo efecto en producción.
80-89	Moderado	Aumentan tasa respiratoria y salival. El consumo se reduce y de agua aumenta. Aumenta temperatura corporal. Disminuyen producción y reproducción
90-98	Severo	Vacas muy inquietas por aumento en temp corporal, jadeo y exceso de babeo. Disminución marcada en producción y reproducción
>98	Peligro!!	Muerte potencial de los animales

SIGNOS DE VACAS ESTRESADAS POR CALOR:

1. Elevación de la temperatura corporal (>38.5 °C)
2. Aumento de la tasa respiratoria (>70 resp/min).
3. Aumento en el requerimiento de energía para mantenimiento (20 a 30%).
4. Disminución en la eficiencia en la utilización de nutrientes.
5. Disminución en el CMS (10 a 30%).
6. Disminuye la producción de leche (10-40%) y su composición.
7. Aumento en el CCS, mayor mastitis.
8. Disminuye el comportamiento reproductivo.

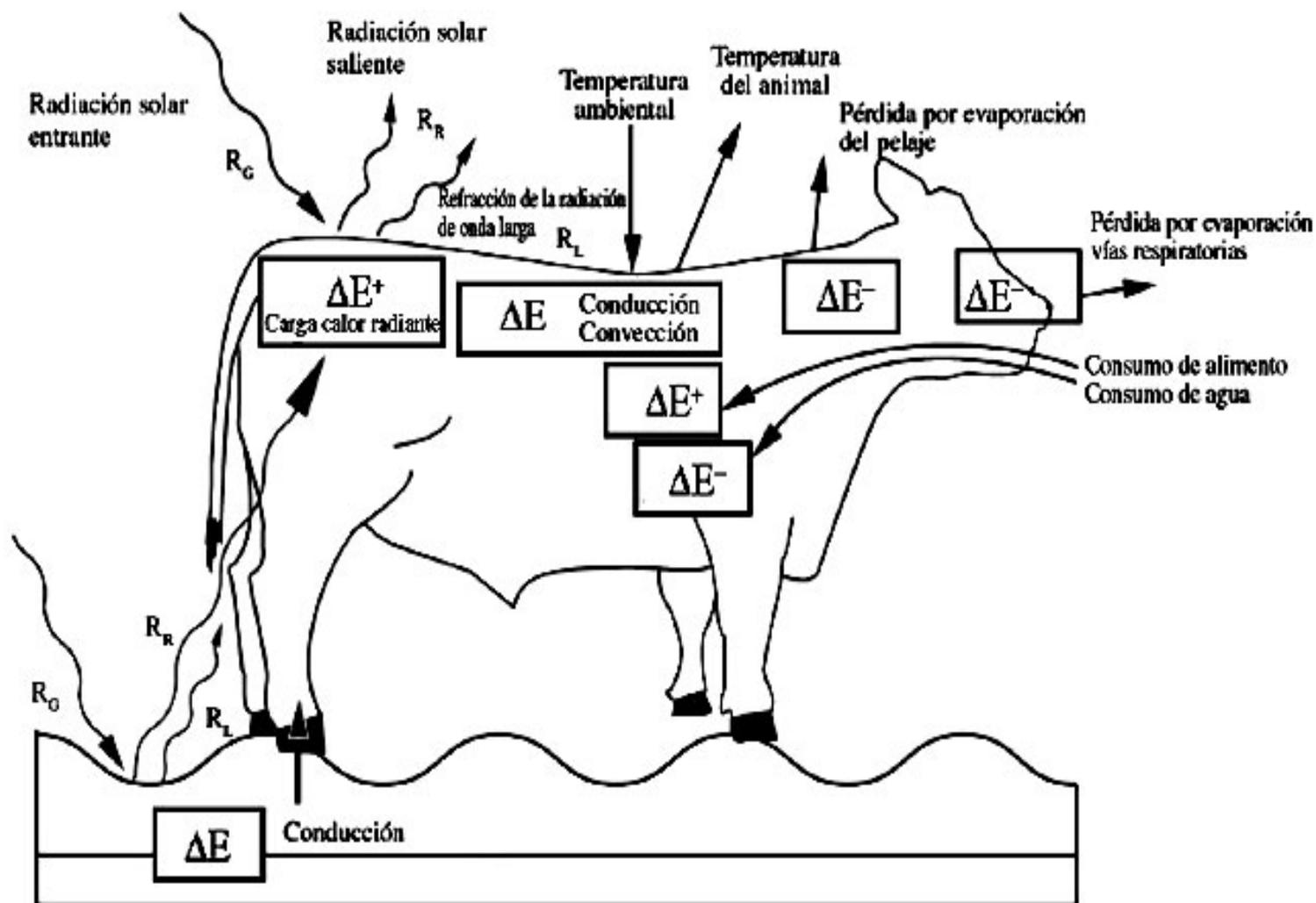
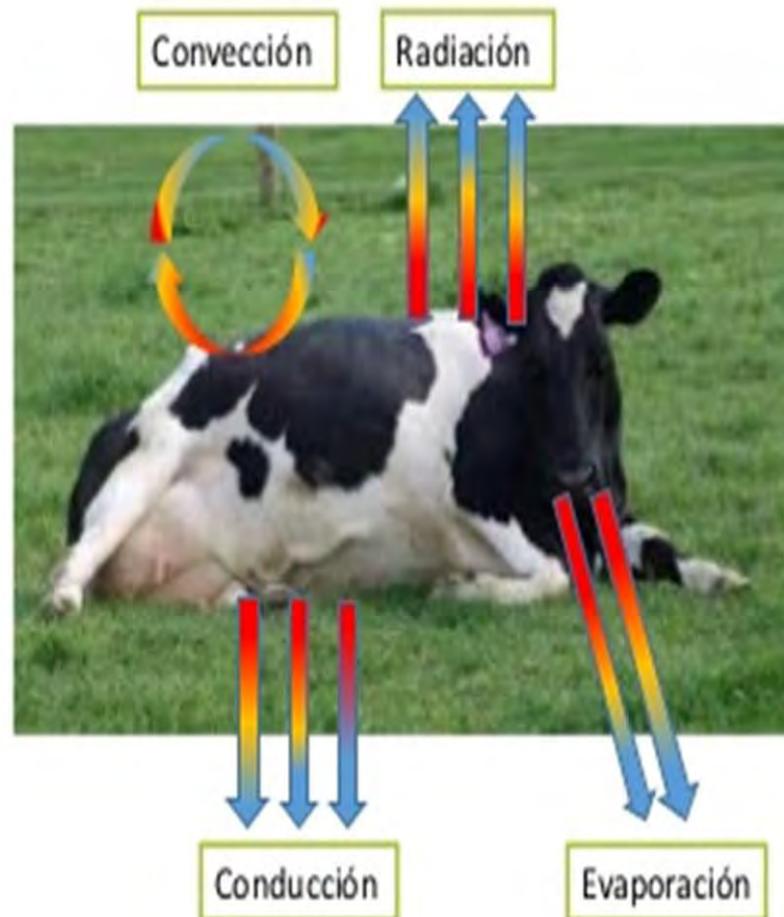


Figura 3. Balance térmico en el ganado bovino de carne (adaptado de Meat & Livestock Australia, 2002).
 Thermal balance of beef cattle (adapted from Meat and Livestock Australia, 2002).

Condiciones fisiológicas de las vacas

- Temperatura interna 38.5°C - 39.2°C
- Neutralidad térmica entre los 5°C - 15°C
- Ideal: 13°C a 18°C y 60-70% de humedad.
- Frecuencia cardíaca de 60-80 ppm
- Frecuencia respiratoria de 10-30 rpm.
- Para mantener la homeotermia: →



Cuando las vacas empiezan a acumular calor

MECANISMO
POR EL FLUJO
SANGUINEO
(Kadzere et al., 2002)

Se presenta una redistribución del flujo sanguíneo hacia las extremidades

Esto es un intento para disipar la energía interna que se acumula

Menor flujo sanguíneo al tractogastrointestinal

Menor flujo sanguíneo al tracto reproductivo

Menor flujo sanguíneo al sistema mamario

EFECTOS DEL EC EN LA REPRODUCCION

- ⦿ La actividad estrual se realiza en horas menos calientes (noche),
- ⦿ Un estudio reportó 8.6 montas en invierno vs 4.5 en verano (Jordan, 2003),
- ⦿ Un aumento en cortisol bloquea el estradiol y reduce la conducta estrual,
- ⦿ \uparrow Cort \rightarrow \uparrow P4 \rightarrow RANeg Hip \rightarrow \downarrow GnRH
- ⦿ Bajos niveles de LH y estradiol evitan el estro o la ovulación,

Alteración en la dinámica folicular:

- ⦿ **Cuando la temperatura corporal supera 40°C, los folículos desarrollados pueden sufrir severos daños y convertirse en no viables.**
- ⦿ **El estrés calórico reduce el tamaño del folículo dominante de la primera y segunda onda folicular.**

Estrés Calórico

**POSIBLE MECANISMO
DE LA ACIDOSIS EN EC**
(Baumgard y Rhoads, 2007)

***Mayor susceptibilidad
a Acidosis SC o Aguda***

Eliminación del calor vía jadeo

En vacas estresadas, menor consumo, menor saliva y menor rumia

Normal: pH sanguíneo
20:1 en $\text{HCO}_3:\text{H}_2\text{CO}_3$

Vacas que jadean también babean

← Esa saliva perdida normal/
se va a rumen

Aumento en la producción de CO_2 (exhalado)

← Baja CO_2 en sangre;
Riñón secreta HCO_3

← Es usado vía saliva y ayuda al pH ruminal



Algunas hormonas involucradas en la fisiología del estrés son

- **Tiroideas: Tiroxina (T4) y triiodotironina (T3).**
- Se reducen para disminuir la producción de calor endógeno facilitando la reducción de la tasa metabólica basal y en la actividad muscular = menor producción de calor.
- **Glucocorticoides: Cortisol.**
- Mecanismo preventivo para la producción de calor metabólico. Aumenta sus niveles en EC

Algunas hormonas involucradas en la fisiología del estrés son

⦿ Prolactina

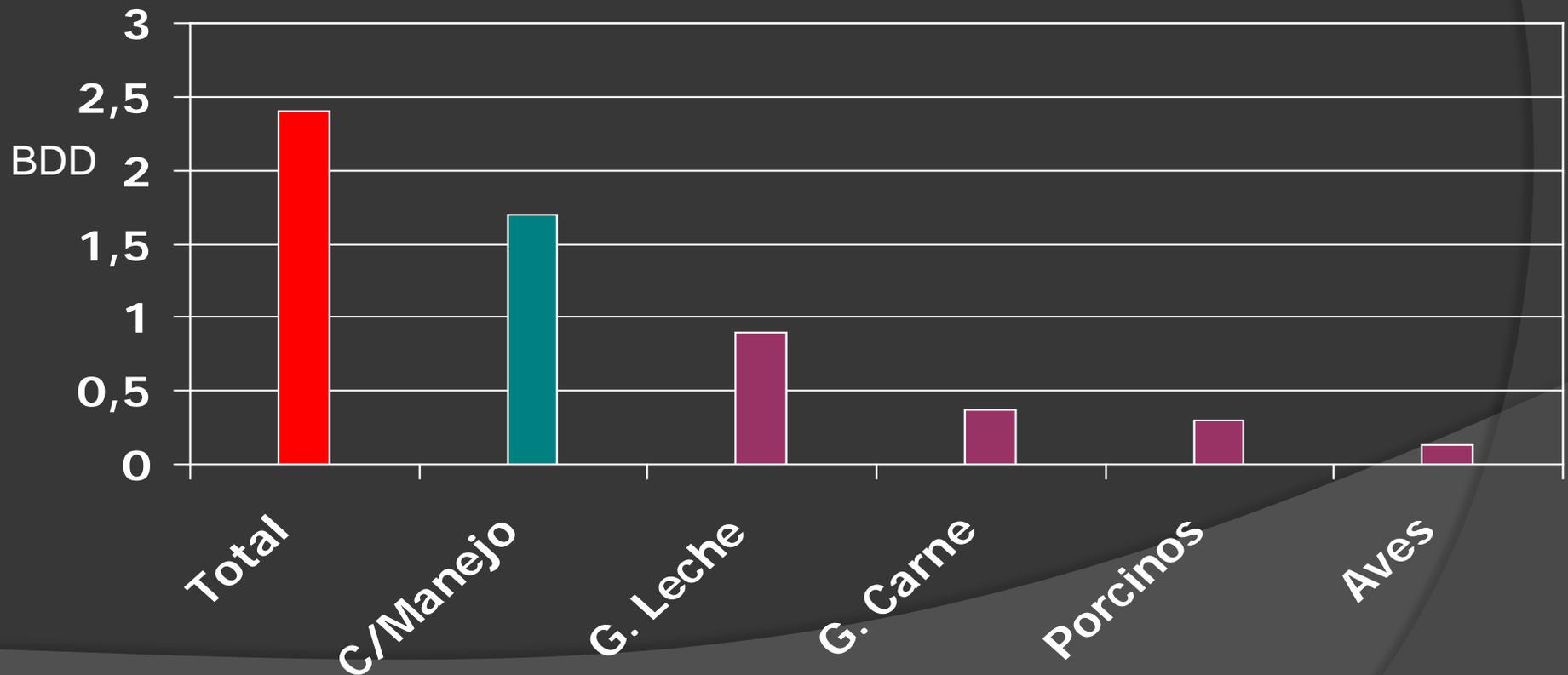
- Regula distintas funciones fisiológicas mediante efectos en procesos celulares como proliferación, diferenciación y sobrevivencia celular, así como en la función inmune.

⦿ Somatotropina

- Direcciona nutrientes hacia la glándula mamaria y evita su disponibilidad a tejidos extra-mamarios.

IMPACTO ECONÓMICO DEL ESTRÉS CALÓRICO

En EUA, se estiman en 2.4 BDD las pérdidas anuales por el EC sin el uso de estrategias; se reduce a 1.7 BDD aplicando estrategias; de este subtotal, 900 millones ocurren en ganado lechero (St-Pierre et al., 2003).



USO DE SOMBRAS

- En zonas con climas cálidos, los establos con corrales a espacio abierto deben contar con sombras, que es la estrategia mínima para reducir el EC.











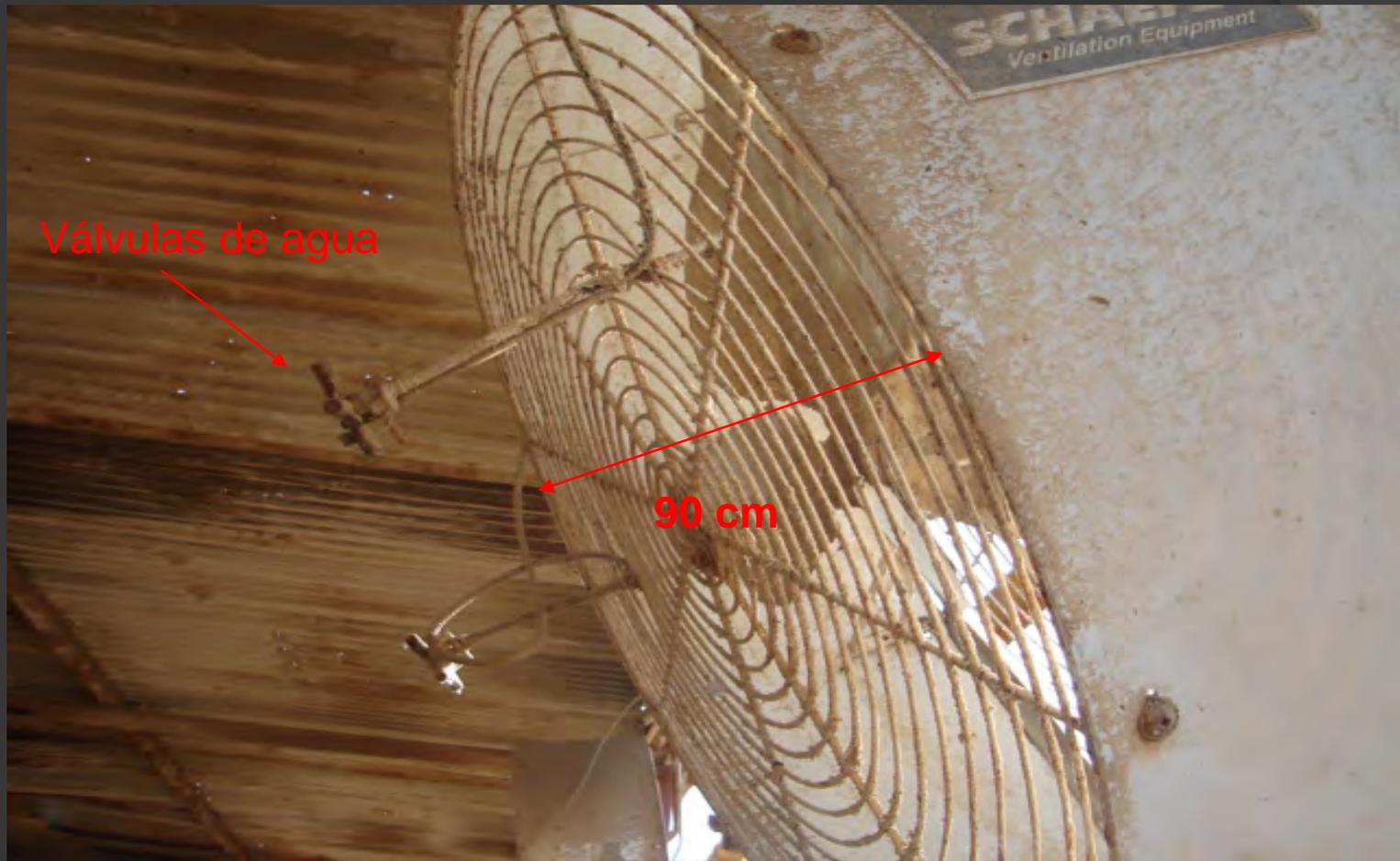
USO DE SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO

Los SE se fundamentan en la combinación de aspersores y abanicos colocados bajo las sombras de los corrales y otras áreas del establo, tratando de proveer un ambiente fresco a las vacas con el objeto de evitar una caída drástica en el rendimiento de leche (Avendaño et al., 2006; Flamenbaum et al., 1986; Hahn, 1994).







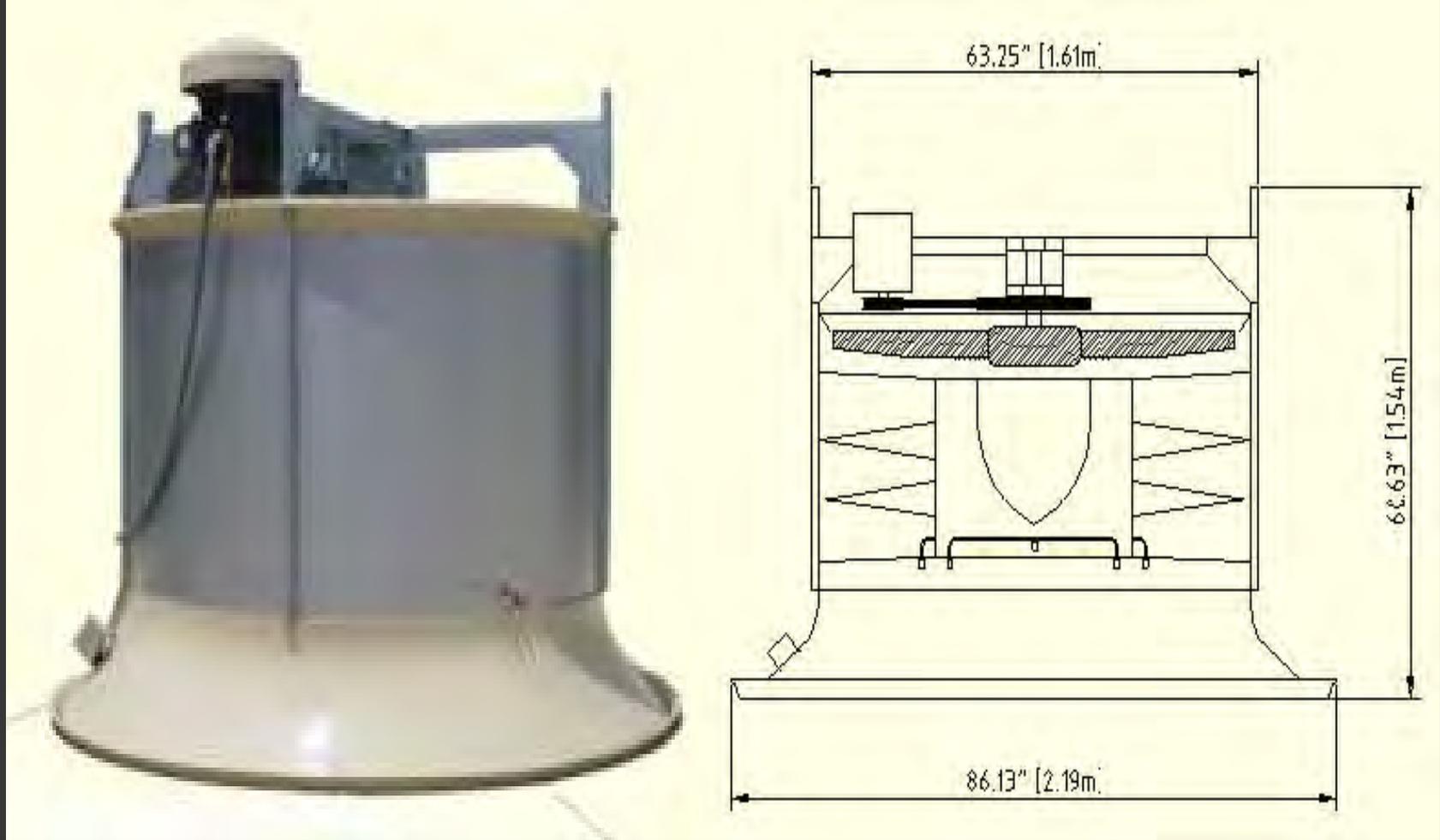


- Motor: $\frac{1}{2}$ hp
- Movimiento del aire: $180 \text{ m}^3/\text{min}$.
- Gasto de agua por abanico: 52 L/h









190 kg/peso

7.5 hp

480 volts

37 m² de cobertura de aire

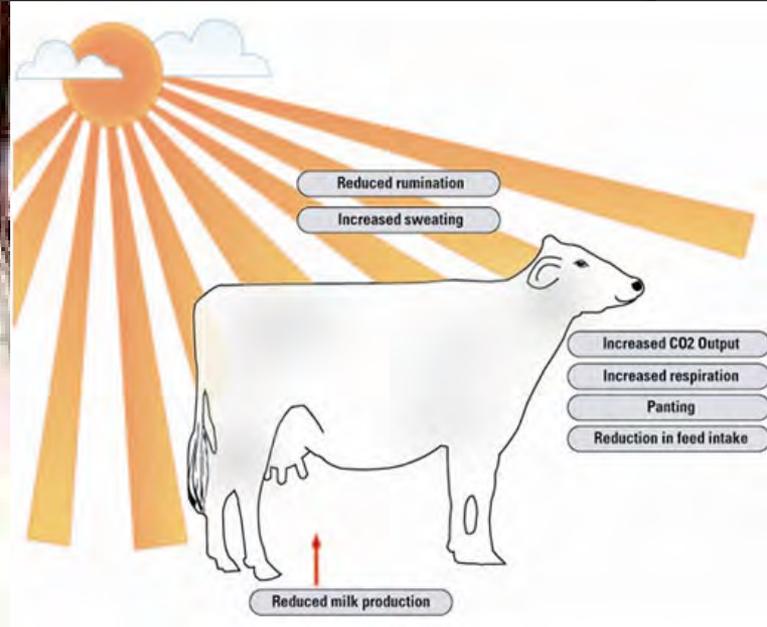








USO DE TECNOLOGÍAS PARA MEDIR EL ESTRÉS CALÓRICO





ESTACIONES METEOROLOGICAS FIJAS

COLECCION MANUAL DE DATOS CLIMATICOS



Termómetro digital para colección de temperatura corporal interna





**Termómetros digitales
para colección de
temperatura corporal
interna**





Pistola de rayo infrarrojo para colectar temperaturas superficiales



Toma de temperatura en la superficie de distintas partes de la piel



COLECTA DE DATOS



Termómetro digital manual para temperatura rectal

Cámara termográfica para colectar temperaturas en distintas superficies de la piel de lo animales



USO DE LA TERMOGRAFIA EN GANADO LECHERO



RESULTADOS DE ESTUDIOS RELACIONADOS CON LA PRODUCTIVIDAD DE VACAS HOLSTEIN BAJO ESTRES CALORICO



CA: Fisiología y Genética Animal
ICA-UABC

PRIMER ESTUDIO: EFECTO DE LA EPOCA DEL AÑO

- ◎ ¿Cuánto afecta la época del año a la productividad del ganado lechero?
 - ¿En qué porcentaje la producción de leche disminuye?
 - ¿En qué porcentaje disminuye la reproducción de vacas lecheras?
 - ¿Cuánto pierde el productor no establecer estrategias para mitigar el EC?



52 °C
-6 °C
86
mm

36° 26´N, 115°11´O, 14 msnm

N=40 vacas entre 2 y 3 lactancias, con 100 a 150 d de producción



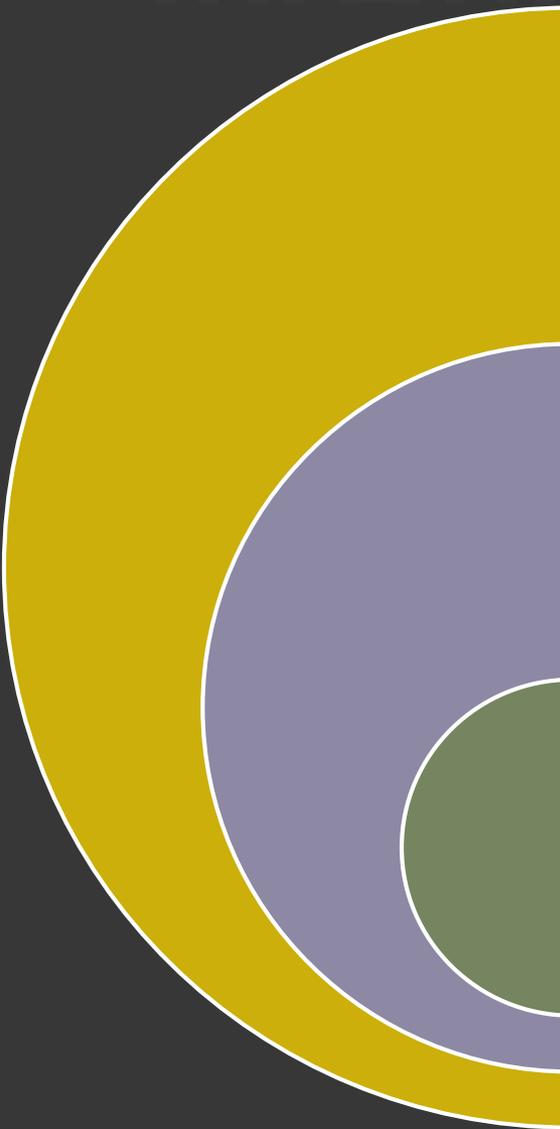
n=20, invierno
n=20, verano



Periodo de estudio :

- ❖ Invierno = febrero
- ❖ Verano = julio

VARIABLES MEDIDAS



Ambientales

- Temperatura
- Humedad relativa
- Índice temperatura - humedad

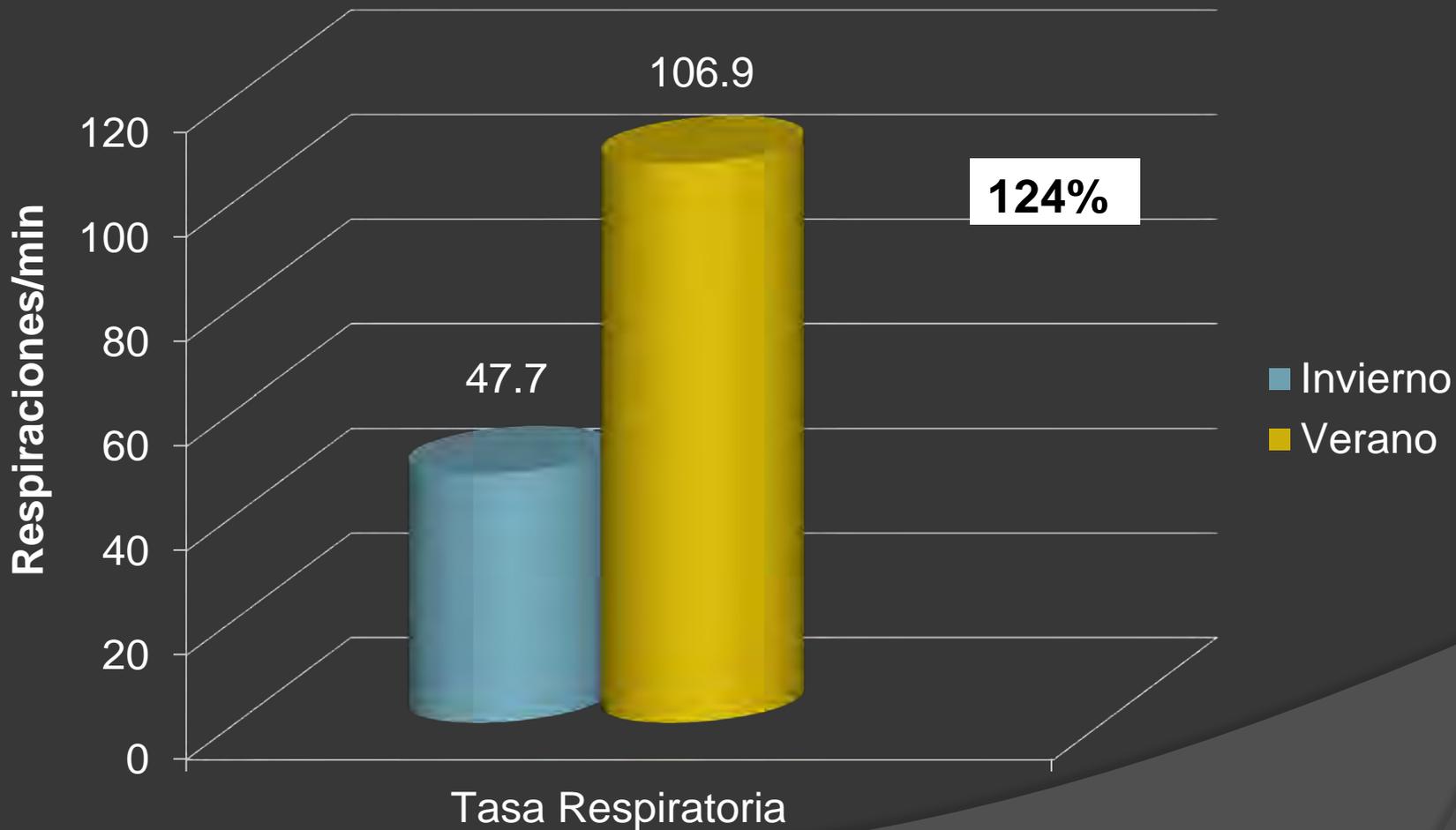
Fisiológicas

- Condición corporal
- Temperatura rectal
- Frecuencia respirat.
- Temperatura de la piel

Productivas

- Producción de leche
- Composición de la leche
- Células somáticas

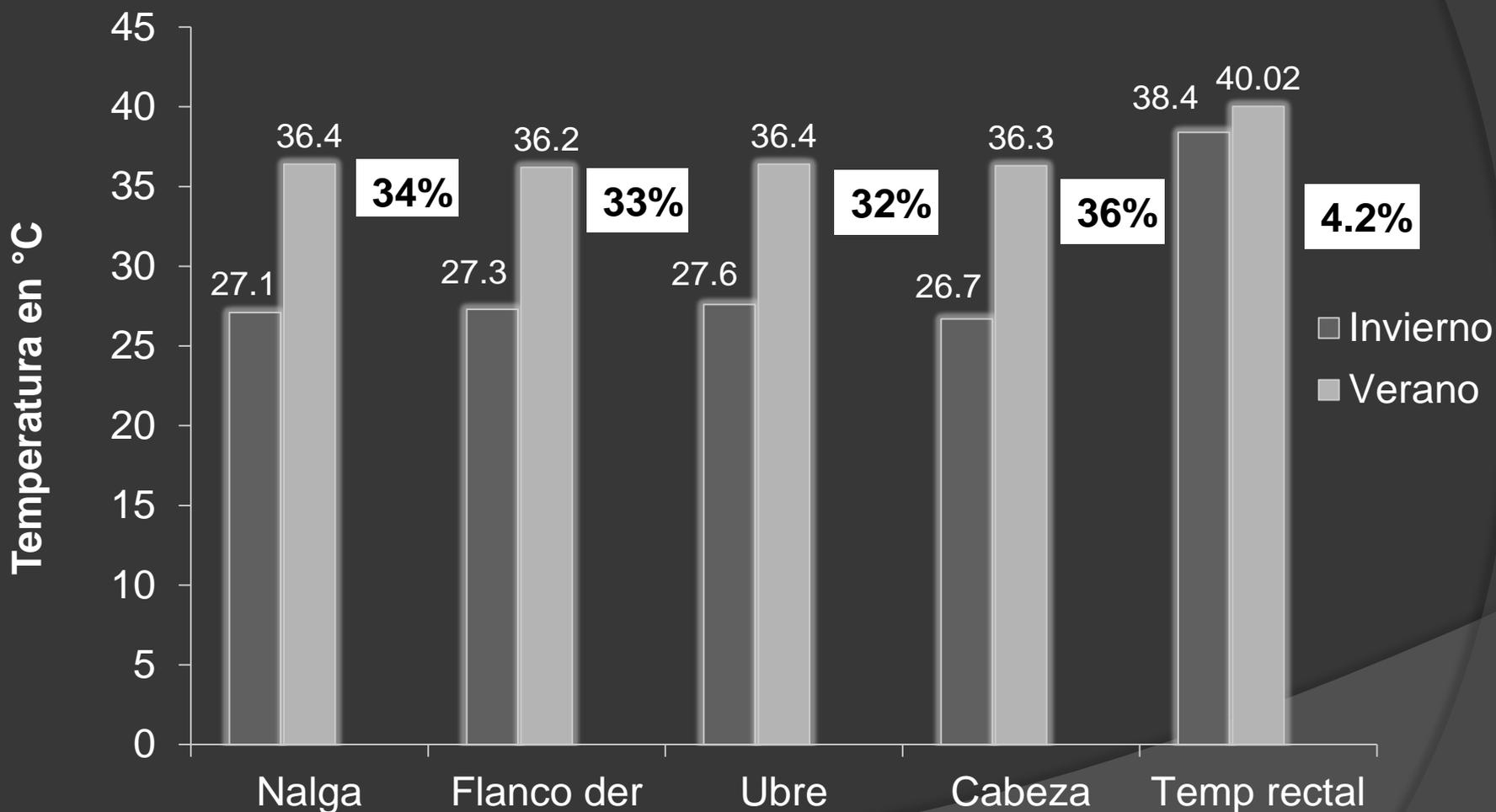
Promedio de tasa respiratoria en vacas Holsten en invierno y verano



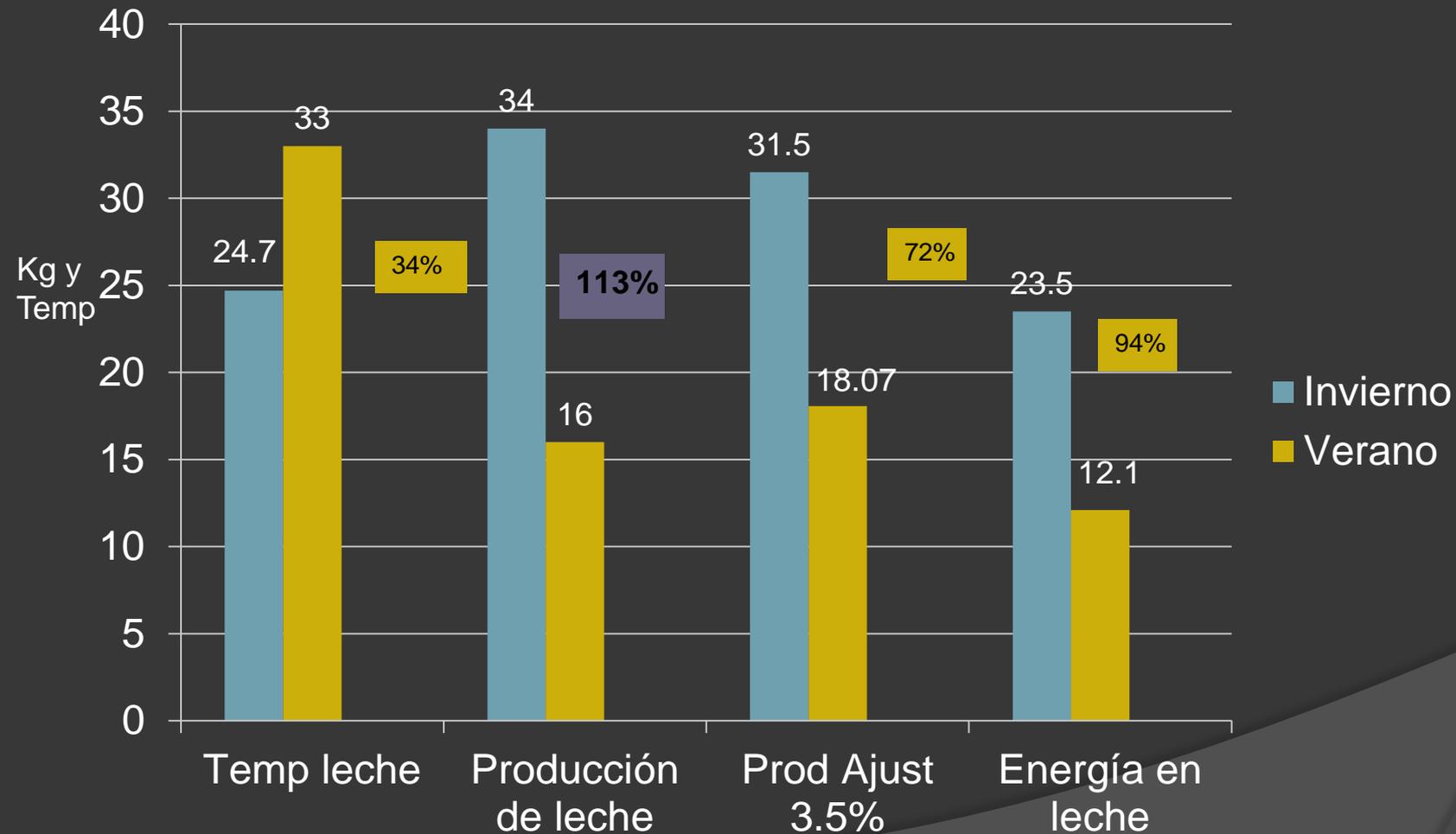
Promedios de temperaturas máximas y mínimas, humedad relativa y unidades ITH por mes del año.

Mes	Temperatura (°C)			Humedad Relativa (%)			Índice Temperatura -Humedad		
	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio
Enero	8.2	22.2	14.8	19.2	55	36.2	52.7	66.4	58.7
Febrero	8.4	21.1	14.4	19.9	56	36.1	52.9	65.3	58.3
Marzo	13.8	27.7	27.7	16.3	51.2	32.5	57.7	72.8	72.8
Abril	18.3	31.7	25	13.2	45.5	26.8	62.2	78.0	69.6
Mayo	19.1	34.1	26.7	10.9	41.2	16.4	63.0	81.0	71.6
Junio	24.5	40.7	32.8	8.7	39.0	21.2	69.0	90.4	79.3
Julio	29.4	42.7	35.9	15.8	54.5	32.4	74.8	93.3	83.3
Agosto	29.1	43.5	36.7	12.9	54.8	30.6	74.5	94.6	84.4
Septiembre	27.5	40.9	34.4	16.8	56.5	34.5	72.5	90.6	81.4
Octubre	20.9	35.0	28	15.2	67.6	37.5	59.8	82.0	69.7
Noviembre	13.1	25.9	19.2	14.8	52.1	30.4	63.9	81.4	72.9
Diciembre	7.6	20.4	14.6	36.2	84.9	62.6	59.8	82.0	69.7

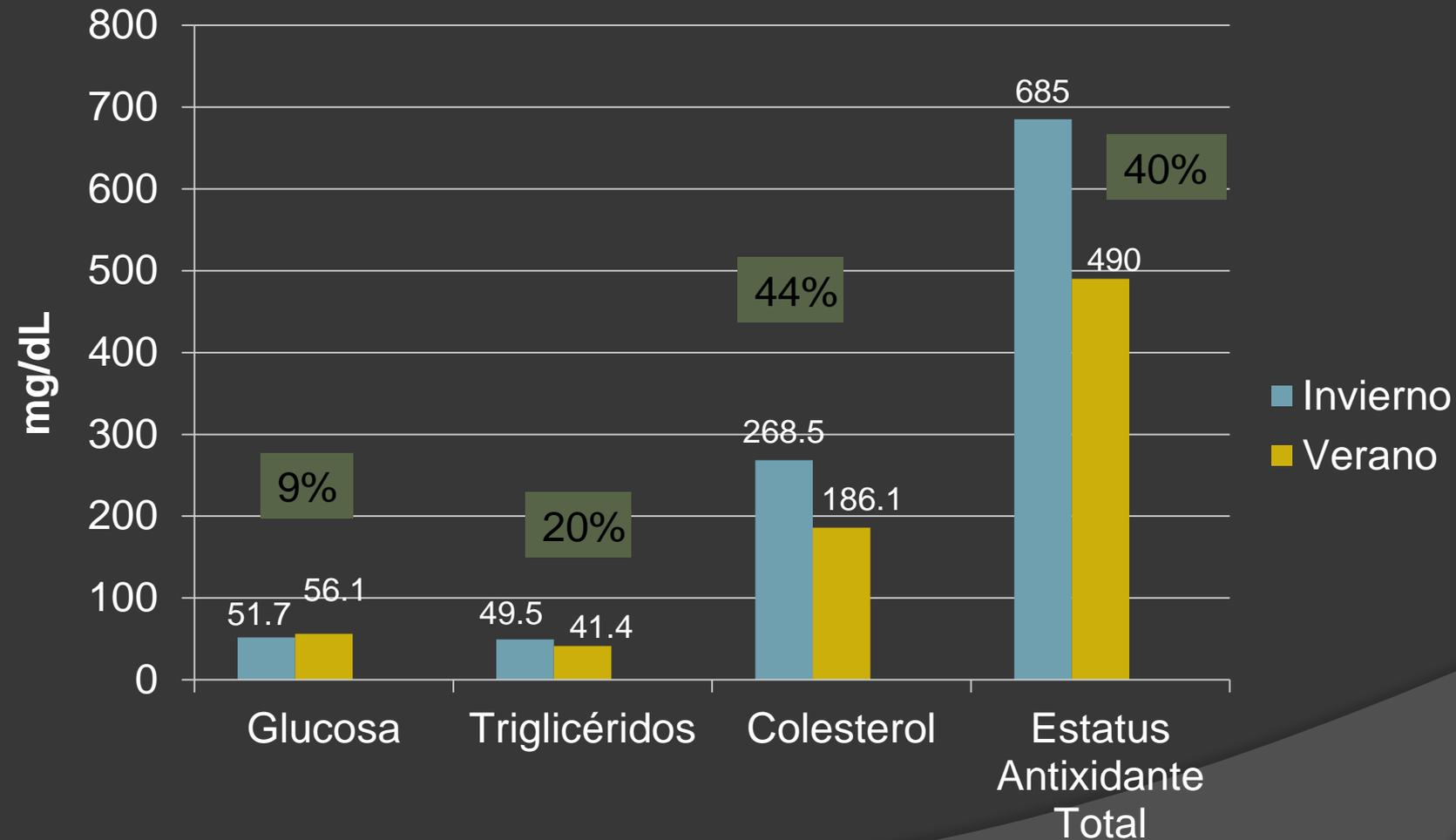
Promedios de temperatura de la piel en distintas regiones anatómicas de vacas Holstein en invierno y verano



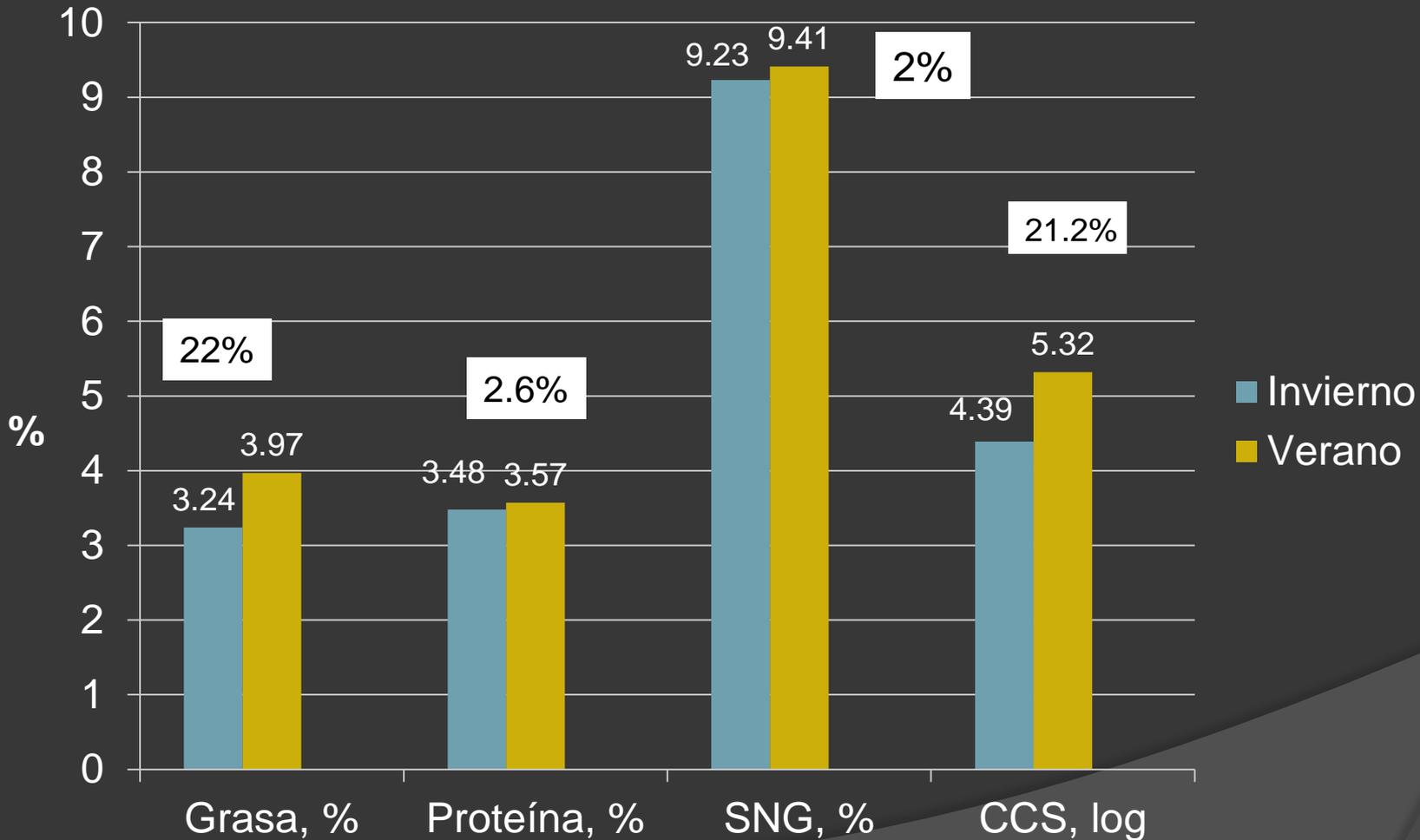
Promedios de variables productivas en vacas Holstein en invierno y verano



Promedios de variables fisiológicas de vacas Holstein en invierno y verano



Promedios de variables de composición de la leche en vacas Holstein en invierno y verano



SEGUNDO ESTUDIO: USO DE UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

- El primer estudio en Mexicali se realizó en un establo comercial Holstein en 1992
- Se probó un sistema de enfriamiento de aspersores y abanicos (8 h) vs sólo sombra
- Se usaron 60 vacas multíparas que se dividieron en los dos tratamientos
- Duración 135 d, de Mayo a Sept., con temps 34 a 49°C, humedad 30-50% e ITH de 80-89

Promedios de variables medidas en vacas enfriadas y con sombra

Variable	Enfriado	Sombra	Valor de P
Condición Corporal	2.8	2.8	> 0.10
Proteína, %	3.19	3.28	> 0.05
Grasa, %	3.30	3.30	> 0.05
CCS. miles	293,019	313,919	< 0.05
Frec Resp, rpm	68.7	87.8	< 0.01
PROD LECHE, kg	26.6	30.5	< 0.05
FERTILIDAD, %	92	50	< 0.05

**TERCER EXPERIMENTO:
EFECTO DE DISTINTOS TIEMPOS DE
ENFRIAMIENTO EN LA PRODUCTIVIDAD
DE VACAS HOLSTEIN MULTIPARAS Y
PRIMIPARAS BAJO ESTRES CALORICO**

MATERIALES Y METODOS

- Establo comercial “Santo Domingo”, Valle de Mexicali, Baja California,
- Se usaron 39 vacas multíparas (2-4 partos y de 100 a 150 d en leche) y 27 primíparas.
- Tratamientos:
 - T, 13 ó 9 vacas enfriadas antes de cada ordeña 0500 y 1700 h (1 h de enfriamiento)
 - AM, 13 ó 9 vacas enfriadas por 1 h a las 1000 h además de antes de T (2 h de enfriam.)
 - AM+PM, 13 ó 9 vacas enfriadas a las 1000, 1500 y 2200, además de T (4 h de enfriam.)

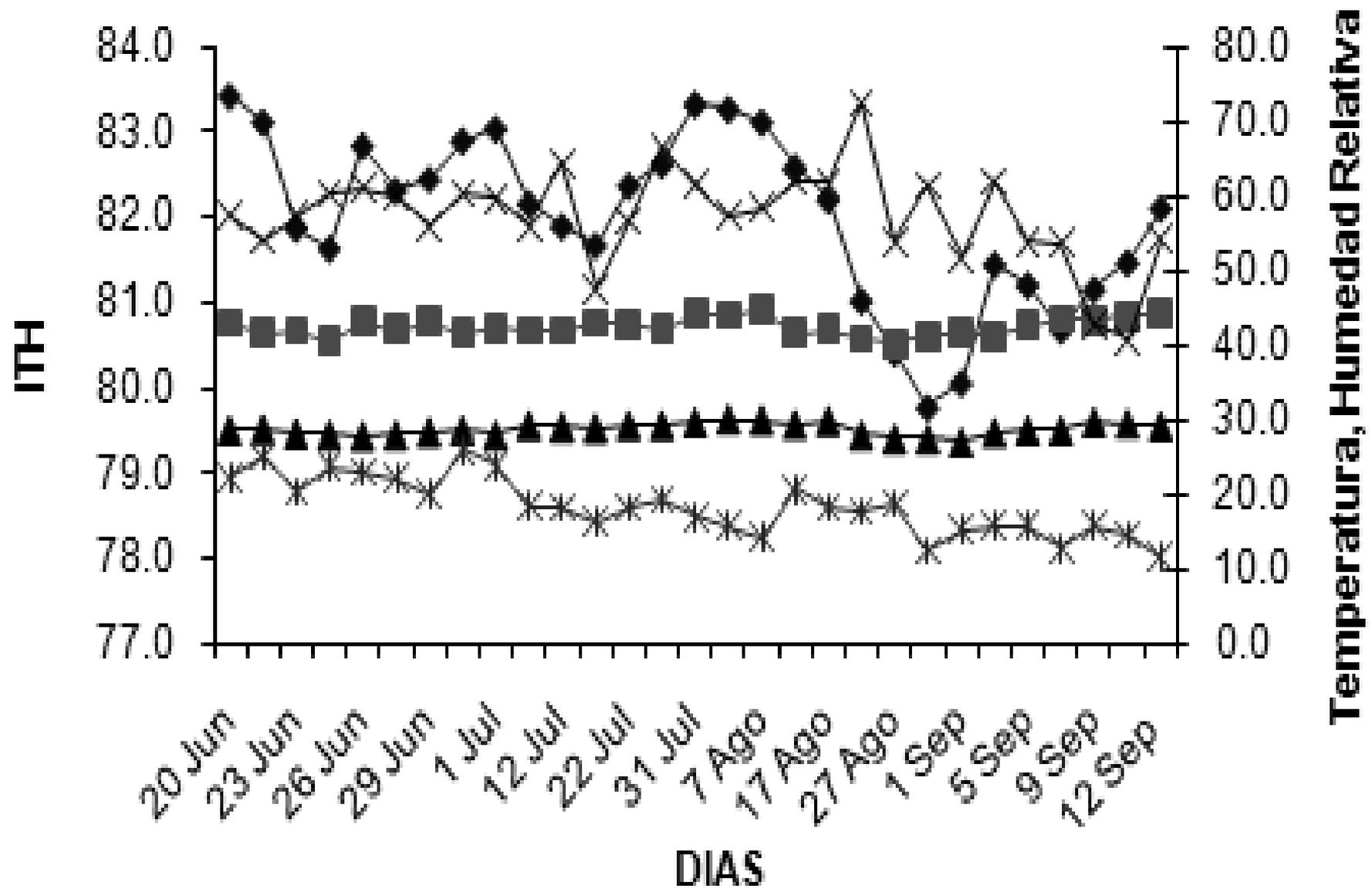
- 
- **Mide 50.8 cm/diámetro**
 - **Gasto de agua 28 L/h**
 - **Motor 1.2 hp; 1580 rpm**
 - **Vel. Aire 13.7 km/h**



- Presión de agua 17.58 m³
- C/abanico con 4 válvulas de 25 mm/diámetro







◆ ITH ■ Tem Max, °C ▲ Tem Min, °C ✕ HR Max, % * HR Min, %

Promedio de las variables fisiológicas en vacas Holstein en lactación bajo varios periodos cortos de enfriamiento durante el verano.

	Tratamientos				Contrastes	
	T	AM	AM+PM	ES	T vs. AM+PM	AM vs. AM+PM
Condición corporal	3.49	3.46	3.45	0.0412	0.0975	0.6056
Temperatura rectal, °C	38.89	39.00	39.06	0.0958	0.1498	0.4714
<i>Tasa respiratoria:</i>						
AM, resp/min	93.82	90.47	86.53	1.2299	<0.0001	0.0087
PM, resp/min	99.39	100.28	96.92	1.1286	0.0554	0.0127

Nota: T=testigo; AM=testigo + enfriamiento 1000 h; AM+PM =testigo + enfriamiento 1000, 1500 y 2200 h.

Promedio de las variables fisiológicas en vacas Holstein en lactación bajo tres periodos cortos de enfriamiento durante el verano (en °C).

	Tratamientos				Contrastes	
	T	AM	AM+PM	EE	T vs. AM+PM	AM vs. AM+PM
<i>Temperatura de la piel:</i>						
Nalga AM,	33.91	34.24	33.53	0.1449	0.0307	0.0002
Nalga PM,	34.57	35.74	36.33	0.1710	<0.0001	0.0137
Costado derecho AM,	34.01	34.42	33.63	0.1398	0.0440	0.0002
Costado derecho PM,	34.48	35.73	36.38	0.1554	<0.0001	0.0032
Ubre AM,	34.37	34.74	34.14	0.1696	0.2983	0.0082
Ubre PM,	34.79	36.00	36.62	0.1801	<0.0001	0.0149

Nota: T=testigo; AM=testigo + enfriamiento 1000 h; AM+PM =testigo + enfriamiento 1000, 1500 y 2200 h.

Promedio de las variables productivas en vacas Holstein en lactación bajo tres periodos cortos de enfriamiento durante el verano.

	Tratamientos				Contrastes	
	T	AM	AM+PM	ES	T vs. AM+PM	AM vs. AM+PM
Leche, Kg	16.43	18.10	18.80	0.4526	0.0004	0.1379
Grasa, g/kg	35.3	33.2	34.7	0.1082	0.0601	0.0219
Proteína, g/kg	33.0	33.4	32.8	0.0606	0.5294	0.8398
Prod energía en leche, MCal/d	13.18	13.15	13.95	0.3539	0.0958	0.0867

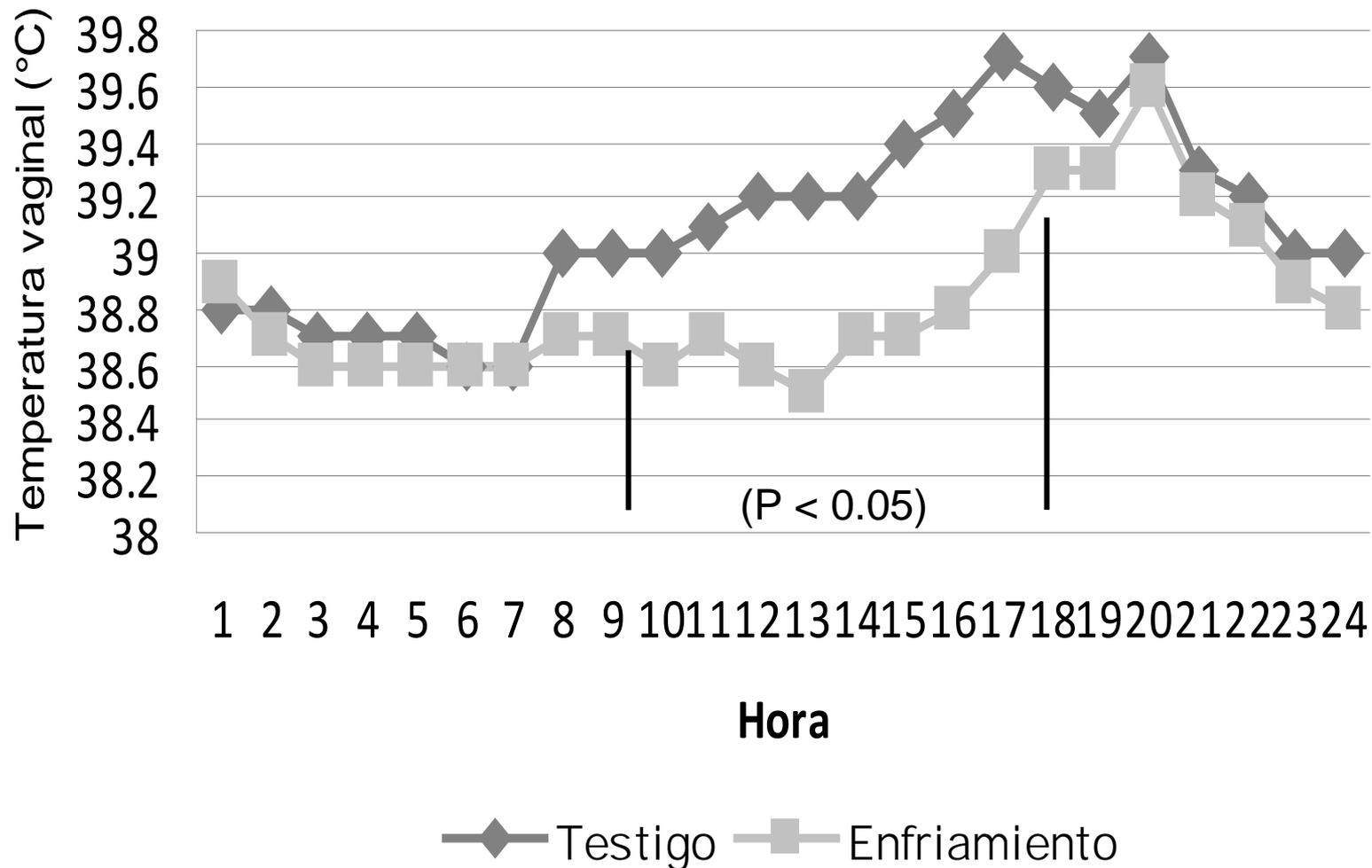
Nota: T=testigo; AM=testigo + enfriamiento 1000 h; AM+PM =testigo + enfriamiento 1000, 1500 y 2200 h.

Promedio de las variables productivas en vacas Holstein de 1er parto bajo tres periodos cortos de enfriamiento durante el verano.

	Tratamientos				Contrastes	
	T	AM	AM+PM	ES	T vs. AM+PM	AM vs. AM+PM
Leche, Kg	16.16	16.27	16.12	0.4607	0.9005	0.6449
Grasa, g/kg	35.4	35.1	37.0	0.1082	0.0541	0.0267
Proteína, g/kg	34.1	33.8	33.7	0.0516	0.6426	0.8749
Prod energía en leche, MCal/d	11.90	12.09	12.06	0.3742	0.6511	0.9268

Nota: T=testigo; AM=testigo + enfriamiento 1000 h; AM+PM =testigo + enfriamiento 1000, 1500 y 2200 h.

Figura 1. Temperaturas vaginales de vaquillas Holstein bajo enfriamiento artificial



Cuadro 1. Producción de leche en vacas Holstein enfriadas con distintos sistemas en verano

Lugar	Sombras	Abanicos y aspersores	Campanas evaporativas	ITH	Tiempo de enfr.	Cita
Missouri	23.3 ^a	25.3 ^b	--	76	24	Igono et al 87
Israel	37.2 ^a	40.7 ^b	--	80	9	Wolfenson et al 1988
Arabia Saudita	--	26.8 ^a	27.7 ^b	88	12	Ryan et al 92
Mexicali	27.0 ^a	31.0 ^b	--	89	8	Correa et al 92
Arizona	31.0 ^a	39.1 ^b	37.9 ^b	85	11	Correa et al 05
Mexicali	19.1 ^a	21.1 ^b	--	88	4	Avendaño et al 2008
Arizona	--	38.3 ^a	42.2 ^b	76	12	Burgos et al 08

CONCLUSIONES

- En zonas cálidas del mundo, el reto es mantener un nivel productivo constante y aceptable, tratando que en verano la caída en producción de leche sea mínima.
- Los sistemas de enfriamiento son una alternativa viable por sus positivos resultados en regiones cálidas. Sin embargo, en zonas tropicales la alternativa puede diferir.
- El uso de nuevas tecnologías es una herramienta para los investigadores en su tarea de estimar el nivel de EC al que es sometido el ganado en ambientes cálidos.



GRACIAS