



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MÉXICO

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC.

LICENCIATURA EN INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

EFFECTO DEL ENFRIAMIENTO DURANTE EL PERIODO DE SECO A VACAS
LECHERAS HOLSTEIN SOBRE VARIABLES DE CONDUCTA BAJO ESTRÉS
CALÓRICO

TESIS

P R E S E N T A

ALUMNO: VALENTÍN MATÍAS SÁNCHEZ

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO
ZOOTECNISTA

Asesora: Dr. FRANCISCA AVILÉS NOVA

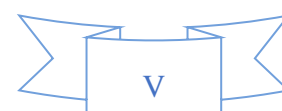
Co-asesor: Dr. ANTONIO DE JESÚS MEJÍA LASTRA



Temascaltepec, México, julio del 2025

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	III
DEDICATORIAS	IV
LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE CUADROS	VIII
RESUMEN	IX
1. INTRODUCCIÓN	1
2. JUSTIFICACIÓN	3
3. OBJETIVOS	4
3.1 Objetivo general.....	4
3.2 Objetivos específicos.....	4
4. HIPÓTESIS	5
5. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
5.1 Demanda de alimentos en México.....	6
5.2 Panorama de la producción de la lechería en México	6
5.3 El bienestar animal en vacas lecheras	11
5.4 Balance térmico en el ganado lechero y estrés calórico.....	12
5.5 Índice de Temperatura y Humedad	18
5.6 Conducta de las vacas en el corral.....	20
a) Actividades de descanso	20
b) Actividades de alimentación.....	21
5.7 Cambio climático en zonas desérticas.....	24



6.	MATERIALES Y MÉTODOS	28
6.1	Clima y ubicación del estudio	28
6.2	Animales de experimentación y tratamientos	29
6.3	Cuidado y manejo de animales.....	30
6.4	Colección de variables de estudio	30
6.4.1	Variables de conducta	30
6.4.2	Variables climáticas	34
6.5	Análisis estadístico	35
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
7.1	Variables climáticas	36
7.1.1	Temperatura ambiental	36
7.1.2	Humedad relativa ambiental.....	36
7.1.3	Índice de temperatura y humedad.....	37
7.1.4	Vacas descansando echadas	37
7.1.5	Vacas descansando paradas.....	38
7.1.6	Vacas bebiendo	38
7.1.7	Vacas comiendo.....	42
7.1.8	Vacas rumiando echadas.....	42
7.1.9	Vacas rumiando paradas	43
8.	CONCLUSIONES	50
9.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Producción nacional de leche de leche del año 2023. Fuente: SIAP, 2024.	8
Figura No. 2. Principales países importadores de leche en polvo en el año 2022, Fuente: SIAP, 2024.....	9
Figura No. 3. Origen de las importaciones de leche en polvo a México en el año 2023. Fuente SIAP (2024).....	10
Figura No 4. Procesos de producción y eliminación de calor (Callejo, 2019).....	15
Figura 5. Factores que intervienen el intercambio de la vaca con el ambiente por medio de los cuatro mecanismos de transmisión (Fuente Callejo, 2019).	16
Figura 6. Representación de los rangos de temperatura ambiente mínimos, máximos y zona termoneutral para una vaca lechera Holstein (Adaptado de Bianca, 1968; Silanikove, 200; Arias, 2008).....	17
Figura No. 7. Índice de Temperatura y Humedad (Adaptado de Armstrong, 1994).	19
Figura No. 8. Ubicación del establo lechero Morelia. Datos del mapa INEGI 2025.	28
Figura No. 9. Vacas bajo el sistema de enfriamiento.	29
Figura No. 10. Vacas descansando de pie o echadas.	31
Figura No 11. Vacas comiendo en el corral con enfriamiento.	31
Figura No 12. Vacas comiendo del corral sin enfriamiento.	32
Figura No 13. Vaca bebiendo del corral sin enfriamiento.....	32
Figura No 14. Tabla de campo para registro de actividades de descanso y alimentación durante los episodios de muestreo al día.....	33
Figura No 15. Monitoreo de partos.....	34
Figura No. 16. Promedios de temperatura ambiental diaria por hora del día durante el estudio.....	39
Figura No. 17. Promedios de humedad relativa diaria por hora durante el estudio.....	40
Figura No. 18. Promedios del índice temperatura-humedad diaria durante el estudio..	41
Figura No. 19. Porcentaje de vacas en descanso echadas ConE y SinE por hora del día. *= Significativo (P<0.05). NS=No significativo.....	44
Figura No. 20. Porcentaje de vacas en descanso paradas ConE y SinE por hora del día. *= Significativo (P<0.05). NS=No significativo.....	45
Figura No. 21. Número de vacas bebiendo agua con y sin enfriamiento por hora del día. *= Significativo (P<0.05). NS= No significativo.....	46

Figura No. 22. Número de vacas comiendo con y sin enfriamiento por hora del día. *= Significativo (P<0.05). NS= No significativo.	47
Figura No. 23. Porcentajes de vacas rumiando echadas por hora del día ConE y SinE enfriamiento. *= Significativo (P<0.05). NS= No significativo.	48
Figura No. 24. Número de vacas rumiando paradas con y sin enfriamiento. *= Significativo (P<0.05). NS= No significativo.	49

LISTA DE CUADROS

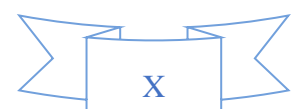
Cuadro No. 1. Producción de leche de bovino por entidad comparativo del avance acumulado 2022 y 2023 (miles de litros), Fuente: SIAP, 2024.....	8
Cuadro No. 2. Proyecciones de incremento de temperaturas ambientales máximas promedio en los próximos periodos en Baja California.....	27

RESUMEN

Altas temperaturas ambientales en climas cálidos durante verano desencadenan cambios fisiológicos y de conducta en ganado lechero, en un intento de mantener su temperatura corporal constante, lo que genera un gasto de energía adicional que perjudica drásticamente su rendimiento productivo y bienestar en general. Se evaluó el efecto de aplicar enfriamiento a vacas durante el periodo seco y su respuesta conductual en episodios de descanso y alimentación. El estudio se realizó en un establo comercial del Valle Mexicali, B.C. Se utilizaron 30 vacas Holstein multíparas (1-5 partos) con 60 días antes de la fecha estimada de parto que se agruparon de manera homogénea y se asignaron aleatoriamente a dos tratamientos: 1) SinE, corral provisto solo con sombra en el centro del mismo (n=15 vacas); 2) ConE, corral equipado con un sistema de enfriamiento bajo la sombra, constituido por válvulas de aspersion de agua y ventilación forzada con abanicos, y que funcionó de manera automática 10 h/d (09:00 a 19:00 h). Se monitoreó la conducta de las vacas en episodios de descanso y alimentación mediante un análisis de barrido visual 3 días a la semana, con 12 periodos de muestreo cada día. La temperatura y humedad relativa máximas promedio fueron de 37.87 °C y 68.26%, respectivamente. El ITH más bajo fue de 72.05 unidades, ocurriendo a las 05:00 h. El porcentaje de vacas descansando echadas a las 12:00 h fue mayor ($P < 0.05$) en SinE que en ConE (57.97 vs 47.8%). A las 14:00 h fue mayor ($P < 0.05$) el porcentaje de vacas echadas en ConE que en SinE (64.96 vs 48.80%), sin embargo, a las 15 h fue de nuevo mayor ($P < 0.05$) en SinE que en ConE (65.17 vs 53.32%). A las 14:00 y 18:00 h el porcentaje de vacas de pie en SinE fue mayor ($P < 0.05$) que en ConE (44.34 vs 28.12% y 28.86 vs 16.98%, respectivamente). En las demás horas el porcentaje de vacas de pie fue similar en ambos tratamientos ($P > 0.05$). A las 6:00 h el porcentaje de vacas bebiendo en SinE fue mayor ($P < 0.05$) que en ConE (9.13 vs 4.72%). A las 7:00 h fue lo opuesto, mayor ($P < 0.05$) en ConE que en SinE (9.11 vs 4.90%). El porcentaje de vacas bebiendo en SinE fue mayor ($P < 0.05$) que en el ConE a las 10:00 y 18:00 h (4.55 vs 0% y 9.06 vs 5.44%, respectivamente); esta misma tendencia, pero solo numéricamente, se observó en las horas 13:00, 14:00, 15:00 y 17:00. El porcentaje de vacas comiendo a las 18:00 h fue superior ($P < 0.05$) en ConE que en SinE (59.42 vs 48.49 %). En el mayor

número de horas del resto del día mostraron esta misma tendencia, pero solo numéricamente. El porcentaje de vacas rumiando echadas de SinE fue superior ($P < 0.05$) que en ConE (9.25 vs 0%) a las 7:00 h, pero a las 8:00, 10:00, 14:00 y 16:00 h fue mayor ($P < 0.05$) en ConE que en SinE (11.64 vs 3.51%, 15.83 vs 3.51%, 19.51 vs 12.14% y 17.48 vs 12.18%, respectivamente). En las horas restantes del día se manifestó esta misma tendencia, pero solo numéricamente ($P > 0.05$). El porcentaje de vacas rumiando de pie fue similar ($P > 0.05$). El porcentaje de vacas comiendo en el ConE fue superior ($P < 0.05$) a las 18 h (59.42 vs 48.49%) que en SinE. La aplicación de un sistema de enfriamiento durante el periodo seco de las vacas ayuda a minimizar parcialmente los efectos del estrés calórico mejora el bienestar de las vacas y comportamiento de alimentación de las mismas, lo cual podría contribuir en un mejor rendimiento productivo en su siguiente lactancia.

Palabras clave: Ganado lechero, estrés calórico, conducta, bienestar animal, enfriamiento.



1. INTRODUCCIÓN

Las altas temperaturas ambientales que experimenta el ganado lechero en zonas áridas en el norte de México, como lo es el Valle de Mexicali, en Baja California, desencadena cambios fisiológicos y de conducta en un intento por mantener su temperatura corporal constante dentro de los rangos normales, lo que perjudica drásticamente su rendimiento productivo y bienestar animal. Se realizó el siguiente estudio con la finalidad de evaluar el efecto de aplicar enfriamiento a las vacas durante el periodo seco y su respuesta conductual en episodios de descanso y alimentación. En el establo lechero comercial Morelia, ubicado en el Valle de Mexicali, Baja California. Esta región pertenece al ecosistema Desierto Sonorense, con veranos secos y calurosos. Mientras que la temperatura media anual es de 22 °C, con temperaturas bajas durante el invierno de 0 °C, las temperaturas altas durante el verano alcanzan los 50 °C (García, 2004).

Las regiones áridas y semiáridas del mundo se caracterizan por condiciones climáticas extremas con muy poca precipitación. Los sistemas de producción ganadera ubicados en estas zonas están amenazados por temperaturas ambientales muy elevadas y escasez de alimentos, especialmente durante los meses de verano (Avendaño-Reyes, 2012). Se prevé que esta situación empeore debido al calentamiento global, y se proyecta un aumento anual de la temperatura de la superficie global de 3.7 a 4.8 °C para el año 2100 (IPCC, 2014). La elevada temperatura ambiental en climas áridos provoca cambios en la conducta y fisiología del ganado productor de leche que comprometen su bienestar y desempeño productivo, ocasionando pérdidas económicas para la industria lechera (Anzures-Olvera *et al.*, 2015).

El ganado Holstein es susceptible a temperaturas altas que les genera estrés calórico, donde alteraciones de las funciones orgánicas son empleadas como estrategia de supervivencia para tratar de mantener su temperatura corporal normal (West, 2003; Baumgard y Rhoads, 2013). Además, desencadena cambios en su actividad física (Angrecka y Herbut, 2017). Los cambios en la conducta son también empleados como otro recurso de eliminar el calor excedente de su cuerpo (Polsky y von Keyserlingk, 2017). Se ha observado que conforme mayor es la carga de calor, mayor es el tiempo

que las vacas permanecen de pie (Nordlund *et al.*, 2019), ya que, en esta posición exponen mayor parte de su cuerpo al movimiento del aire, por lo que, la pérdida de calor por convección se vuelve más eficaz (Allen *et al.*, 2015).

La presencia de estrés calórico durante el período seco en bovinos, además de afectar el bienestar de las vacas, disminuye el consumo de materia seca, lo que perjudica la calidad y cantidad de calostro y leche producidos en la subsiguiente lactancia; asimismo afecta el peso al nacer y el desarrollo y sobrevivencia de la cría (Tao y Dahl, 2013; Thompson *et al.*, 2014; Karimi *et al.*, 2015). Enfriar las vacas lecheras durante algunas semanas antes del parto mediante la utilización de sistemas de enfriamiento basados en ventilación forzada y rociado de agua minimiza los efectos del estrés calórico (Avendaño-Reyes *et al.*, 2007), así como incrementos en la calidad y producción de leche en la próxima lactancia (Avendaño-Reyes *et al.*, 2007; Do Amaral., *et al* 2009; Tao *et al.*, 2019). Además, se ha encontrado que mejora el estado inmunológico de las vacas (Do Amaral *et al.*, 2011).

El manejo del estrés por calor de las vacas secas se pasa por alto con frecuencia, pero influye significativamente en el rendimiento futuro de la vaca; la conducta durante el enfriamiento de vacas multíparas Holstein durante el periodo seco es un aspecto que se debe falta estudiar porque recibe poca atención. Cabe mencionar que estos cambios en el ganado son realizados como mecanismos de defensa en un intento de adaptarse al ambiente en el que viven (Polsky y von Keyserlingk, 2017). Por lo tanto, el objetivo de este estudio será evaluar el efecto de aplicar enfriamiento durante 60 días antes del parto a vacas multíparas Holstein sobre la conducta de actividades de descanso y alimentación, que se relacionan con el bienestar animal en condiciones de estrés calórico. Los resultados pueden contribuir a la seguridad alimentaria mundial, ya que muchas regiones áridas y semiáridas del mundo tienen poca capacidad para suministrar alimentos básicos a sus poblaciones humanas. Este es el caso del valle de Mexicali, B.C., con producción de leche estacional, es decir, abundante en invierno, pero insuficiente en verano.

2. JUSTIFICACIÓN

La presencia de altas temperaturas ambientales durante el verano, principalmente en zonas áridas, afecta al ganado lechero de manera general, ya que compromete la termorregulación de los animales y causa estados de estrés calórico en los mismos, que como respuesta ocasiona una demanda de energía adicional que compromete su desempeño productivo y bienestar. La información sobre la aplicación de sistemas de enfriamiento en vacas multíparas y su impacto en variables productivas es abundante (Avendaño-Reyes *et al.*, 2007, Do Amaral., *et al* 2009; Tao y Dahl, 2013, Thompson *et al* ., 2014, Karimi *et al.*, 2015; Tao *et al.*, 2019), en cuanto a estudios realizados en México y en el mundo. Sin embargo, existe poca información sobre la evaluación de la conducta de vacas cuando se encuentran bajo estrés calórico. Mejía *et al.* (2022) encontraron comportamientos de alimentación y descanso similares entre vacas primíparas y multíparas, aunque numéricamente las vaquillas de primer parto pueden llegar a ser más susceptibles a dicho estrés, esto quizás se deba a que está en formación su glándula mamaria, además de que enfrenta diferentes procesos nuevos en su vida a como el cambio de corrales, entrar diariamente dos veces por día a la sala de ordeña, interacción constante con el personal de las unidades de producción, inclusive no conocen los sistemas de enfriamiento, que a diferencia de las vacas multíparas, ya están adaptadas a estos procesos y actividades. Por lo tanto, es necesario seguir realizando investigación acerca del impacto del uso de sistemas de enfriamiento durante el periodo seco en vacas Holstein sobre sus actividades de conducta de descanso y alimentación relacionadas con el bienestar animal en condiciones de estrés calórico.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de aplicar enfriamiento 60 días antes del parto a vacas multíparas Holstein sobre variables de conducta relacionadas con el bienestar animal en condiciones de estrés calórico.

3.2 Objetivos específicos

Evaluar el efecto del grado de estrés calórico sobre las actividades de descanso: paradas, echadas durante las horas del día.

Evaluar el efecto del grado de estrés calórico sobre las actividades de alimentación: comiendo, bebiendo, rumiando paradas, rumiando echadas durante las horas del día.

4. HIPÓTESIS

Las vacas que recibieron enfriamiento con base en aspersión de agua y ventilación forzada durante su periodo seco (60 días antes del parto), tendrán mayor confort y se encontrarán en mayor porcentaje comiendo, descansando o rumiando echadas en comparación con las vacas que no recibieron enfriamiento, de las cuales podrían encontrarse en menor porcentaje comiendo y en mayor porcentaje descansando de pie.

5. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1 Demanda de alimentos en México

No obstante que nuestro país, al igual que otros países, ha enfrentado situaciones económicas difíciles derivadas de la pandemia del Covid-19 y de la Guerra en Ucrania, el consumo de alimentos no se ha afectado significativamente. Entre los alimentos que más se consumen en México son la carne de ave, carne de bovino, leche, huevo, maíz y caña de azúcar, de las cuales en su mayoría nuestro país no es autosuficiente (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP, 2022).

El consumo de leche en nuestro país es considerable y esto se debe a hábitos tradicionales y culturales de nuestra sociedad. De acuerdo a las estadísticas documentadas, el mexicano gasta aproximadamente 10% de su salario en productos de consumo masivo. Empieza el día y cierra consumiendo leche, ya que los principales momentos que lo realiza es el desayuno y la cena; en promedio los hogares asisten 87 veces al año a su tienda más cercana a comprar productos lácteos, es decir, cada 4 días, alcanzado un promedio de consumo de 147 litros de leche por familia (Kantar World Panel, 2018).

Cabe mencionar que la industria láctea en México cobra gran importancia en la dieta y economía mexicana, no solo por su consumo en leche fresca, sino que también por la elaboración y consumo de subproductos lácteos de manera artesanal e industrial con diferencias muy marcadas en cada zona del país, como son los quesos: Oaxaca, Cotija, Asaderos, Panela, Chihuahua, etc., sumando más de 40 variedades de acuerdo con la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER, 2024).

5.2 Panorama de la producción de la lechería en México

De acuerdo con Buachanan (2002) "El ganado lechero constituye un nicho único entre los animales utilizados para fines humanos. Se ha seleccionado entre el ganado para un propósito muy específico: la producción de leche líquida. Si bien muchas vacas lecheras también tienen valor como animales de carne o de tiro, no hay otro tipo de ganado que

se haya seleccionado de forma tan sistemática y durante tantos años como el ganado lechero para producir leche. En muchas partes del mundo, el ganado se cría con un doble propósito (carne y leche) o incluso triple (carne, leche y tiro). Las razas de ganado suelen mostrar los efectos de estos múltiples objetivos. Las razas de ganado lechero son aquellas que se han mejorado específicamente, especialmente en Europa y Norteamérica, para la producción de leche”.

El rendimiento productivo de la ganadería lechera en México, como actividad primaria y su interacción con los demás eslabones de la cadena productiva de industrialización y comercialización de leche fluida y sus derivados o subproductos, es un factor primordial para entender la economía nacional. Históricamente nuestro país se posiciona entre los principales importadores de leche (principalmente en polvo) en el mundo (Loera y Banda, 2017).

De acuerdo con datos del 2014 del SIAP-SAGARPA, la producción de leche de bovino durante el primer trimestre de ese año fue de 11,108.4 millones de litros, con un valor de más de 62,000 millones de pesos, a pesar de ello no fue suficiente para satisfacer la demanda interna por lo que se tuvo que importar leche de otros países. En el año 2020 la producción de leche fue de 12 mil 554 millones de litros, de manera que para satisfacer la demanda de leche nacional se tuvieron que importar aproximadamente 3 mil 587 millones de litros, lo que representó el 28.6 % de la producción nacional mencionada anteriormente (SIAP-SADER, 2021). En la última década ocurrió una tendencia en la producción de leche, identificándose que 6 de cada 10 litros producidos en México tuvieron origen en los estados de Jalisco, Durango, Chihuahua y Guanajuato, y que los primeros tres estados mencionados en el año 2021 aportaron el 31.2 % de la producción Nacional (SIAP, 2021).

En el año 2023 la producción de leche de bovino en México alcanzó 13 mil 333 millones de litros, lo que representa 1.7% más que en 2022 como podemos ver en la Figura No. 1. lo cual se debe a que, en el año 2022 curri un incremento significativo en el nivel de producción por estado entre los que destacan Durango, Coahuila, Jalisco y Chihuahua con un crecimiento entre 1.5 y 2.0 % como lo muestra el Cuadro No. 1 (SIAP, 2024).

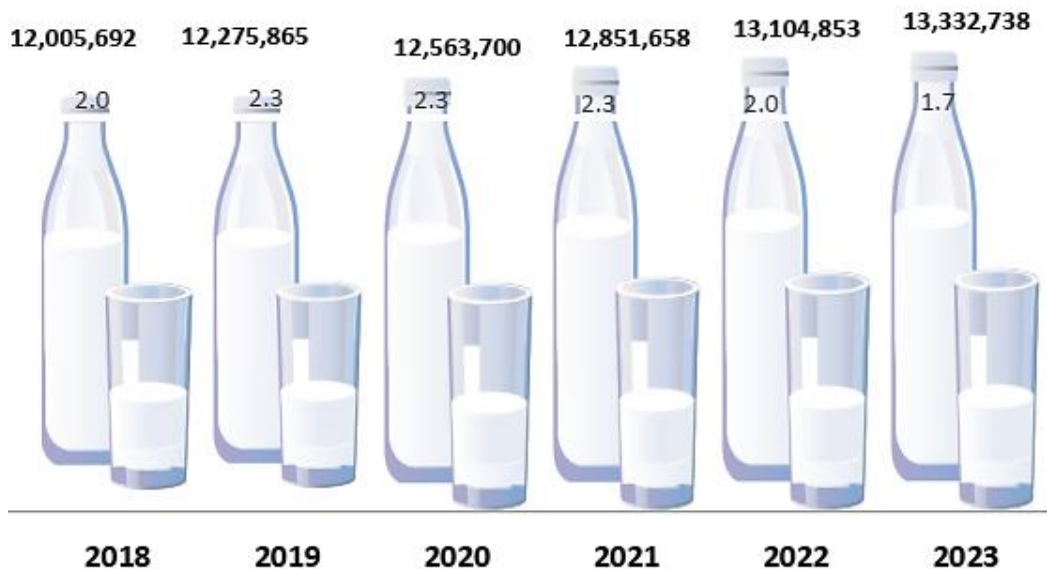


Figura 1. Producción nacional de leche de leche del año 2023. Fuente: SIAP, 2024.

Por otro lado, las entidades que presentaron menor crecimiento fueron Puebla y Estado de México con 1.3 %, Fuente: SIAP, 2024.

Cuadro No. 1. Producción de leche de bovino por entidad comparativo del avance acumulado 2022 y 2023 (miles de litros), Fuente:SIAP, 2024

Estado	Año		Variación	
	2022	2023	Absoluta	Relativa
Nacional	13,104,853	13,332,738	227,885	1.7
Jalisco	2,753,101	2,799,041	45,939	1.7
Coahuila	1,507,637	1,537,748	30,111	2.0
Durango	1,476,878	1,515,250	38,372	2.6
Chihuahua	1,242,356	1,262,218	19,862	1.6
Guanajuato	896,518	912,848	16,330	1.8
Veracruz	793,677	807,075	13,398	1.7
Chiapas	455,561	463,510	7,949	1.7
Puebla	456,601	462,639	6,037	1.3
Aguascalientes	434,241	440,729	6,488	1.5
México	428,700	434,103	5,403	1.3
Resto	2,659,581	2,697,577	37,996	1.4

Sin embargo, a pesar de los ligeros incrementos en la producción de leche a nivel nacional, a lo largo de la historia, México ha sido insuficiente en satisfacer sus demás de dicho producto, manifestado una desde entonces hasta el año de 2018, se han mostrado ciertos altibajos que muestran una insuficiencia en la producción que va desde poco más de 20% hasta poco más de 40% de lo que se produce internamente (Robledo, 2019).

Por lo que, nuestro país se ve en la necesidad de importar leche desde otros países, principalmente en polvo. De acuerdo con datos del SIAO (2024) “En el contexto mundial, siete de los diez principales importadores de leche líquida pertenecen a la Unión Europea. México ocupa el lugar 53 lugar en compra de leche líquida, con 0.13% de las importaciones globales. Sin contemplar el comercio intrarregional de la Unión Europea, México es el 29º importador de leche líquida”. En compra de leche entera en polvo, México posee el quinto lugar en el mundo, con 2.8% de las importaciones globales como muestra la Figura No. 2.

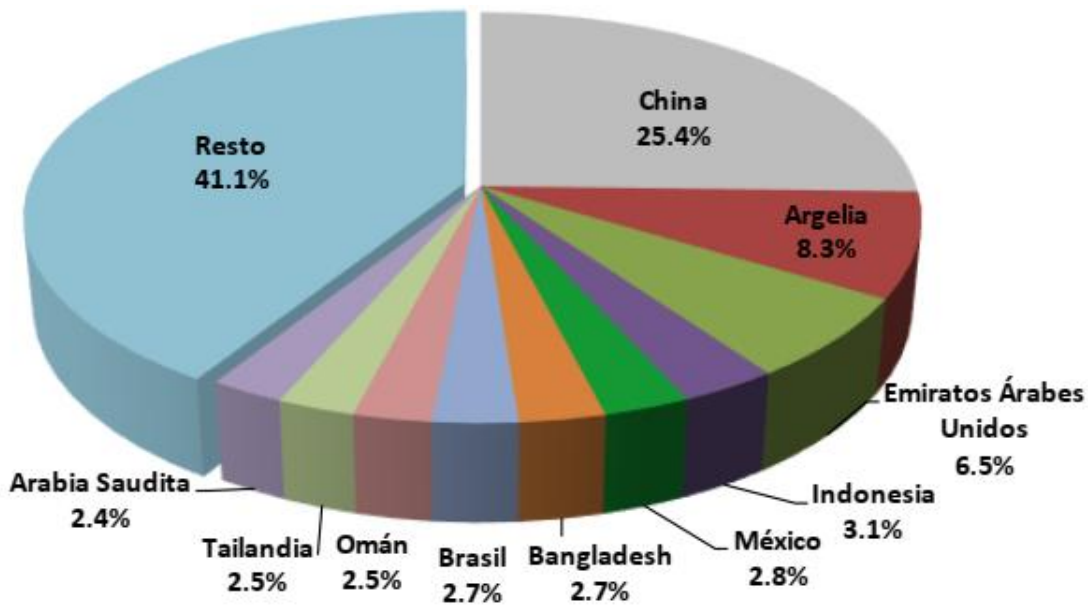


Figura No. 2. Principales países importadores de leche en polvo en el año 2022, Fuente: SIAP, 2024.

Cabe mencionar que estas importaciones de acuerdo con Robredo (2019) “tienen un impacto negativo entre los productores nacionales debido a que éstos no pueden competir con el precio internacional de esta leche, que en términos generales ha sido menor en relación al precio que se paga internamente. Además del crecimiento en las importaciones de leche en polvo, las nuevas negociaciones del gobierno mexicano en el marco del El Tratado de Asociación Transpacífico (TTP) que plantea entre otras cosas una mayor apertura comercial para la importación de este producto proveniente de Nueva Zelanda y Australia, países que por cierto son muy competitivos en este renglón, lo que se puede prever tomando en cuenta las anteriores consideraciones, será que el precio de la leche que se paga al productor en México continuará siendo poco atractivo para la mayoría y se mantendrá en un margen cercano al precio internacional de la leche en polvo, provocando que los márgenes de rentabilidad en el sector interno permanezcan bajos”.

De acuerdo con cifras del SIAP (2024) en el año 2023 México importó 377 mil 846 toneladas de leche en polvo y Nueve de cada diez toneladas que se importaron de los Estados Unidos de América como muestra la figura No. 3.

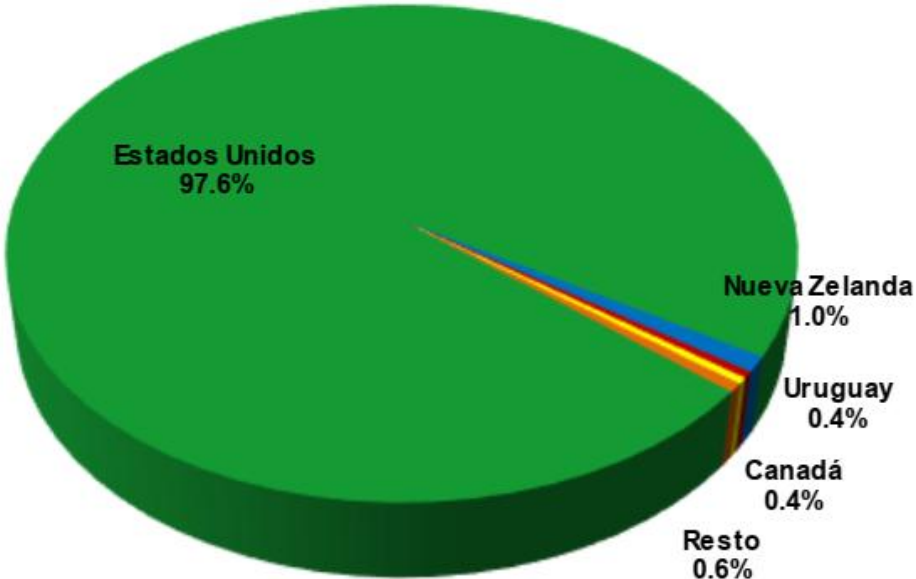


Figura No. 3. Origen de las importaciones de leche en polvo a México en el año 2023. Fuente SIAP (2024).

5.3 El bienestar animal en vacas lecheras

El bienestar animal es definido como el estado físico y mental de un animal en relación con las condiciones en las vive y muere. Un animal experimenta un buen bienestar si está sano, cómodo, bien alimentado, en seguridad y si no padece sensaciones desagradables como dolor, miedo o desasosiego, por lo que es capaz de expresar comportamientos normales para su estado de bienestar físico y mental (Organización Mundial de la salud animal por sus siglas en ingles OIE, 2022).

Podemos asegurar que un animal se encuentre en bienestar si se realiza un buen manejo y cuidado del ganado, por medio de un buen suministro de comida de buena calidad, agua suficiente y de buena calidad; esto a su vez contribuye a mantener la salud y productividad de los animales, siempre y cuando no manifiesten dolor, miedo o cambios fisiológicos como respuesta de estrés por el manejo inadecuado (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, 2009).

De acuerdo con Benaissa *et al.* (2019), hoy en día existe un incremento en el monitoreo de los grupos de ganado con la finalidad de salvaguardar el bienestar de los mismos, inclusive desde una visión más amplia considerando características cognitivas, emocionales y sociales de los animales, lo cual nos ayudará a lograr una mayor comprensión de las motivaciones y necesidades de estos. Se han desarrollado diversos protocolos para evaluar el bienestar en los animales los cuales son muy específicos para cada especie y categoría, que tienen como objetivo dar a conocer a los dueños y trabajadores de los ranchos el estado de bienestar de sus animales, así como mantener informado al consumidor (Kirchner *et al.*, 2013).

Webster (2001) menciona que en la actualidad una de las responsabilidades de los ganaderos es asegurar que sus animales se encuentren en un estado de adecuado bienestar por medio de prácticas zootécnicas adecuadas, además de que dicha responsabilidad no debería ser solo de los productores, sino que también de los consumidores, quienes deben de exigir un control de calidad de los productos de origen animal donde se garantice el bienestar de los animales en las unidades de producción y por medio de esos filtros, satisfacer su demanda de productos.

El bienestar animal considera factores como buena salud, comodidad, expresión de comportamiento de los animales, entre otros, por lo que se considera multidimensional, para su evaluación general necesita apoyarse de un conjunto de criterios el cual debe de ser exhaustivo (sin elementos faltantes), mínimo (solo elementos necesarios), acordados por las partes interesadas y legibles (un número limitado de criterios), además, en la interpretación de un criterio no dependerá de otro (Botreau *et al.*, 2007).

Se requiere prevenir enfermedades, los animales deben de contar con un refugio, manejo y nutrición, un entorno estimulante y seguro, una manipulación correcta y el sacrificio o matanza de manera humanitaria (OIE, 2022). Proporcionar condiciones de vida adecuadas a los bovinos puede disminuir la incidencia de comportamientos perjudiciales o anormales, prevenir lesiones y pérdidas productivas. El monitoreo constante por medio de los criadores posibilita el diagnóstico precoz de enfermedades aumentando en consecuencia la posibilidad de una intervención eficaz (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, 2009).

5.4 Balance térmico en el ganado lechero y estrés calórico

El mantenimiento de la temperatura corporal dentro de los rangos normales es primordial en todas las especies, y cabe resaltar que el momento del nacimiento es un episodio especial, ya que regularmente la temperatura ambiental a la que se expone el recién nacido es diferente a la temperatura a la que se encontraba en el útero en mamíferos o huevo en ovíparos, por lo que el animal deberá de implementar diversos mecanismos fisiológicos para regular su temperatura (Entorno Ganadero, 2016).

Es muy notorio que durante los periodos de temperaturas ambientales muy calurosas en el entorno de un animal se implementen mecanismos homeostáticos en su cuerpo como estrategia para restablecer el estado térmico del entorno interno del mismo o para mantenerlo dentro de los límites fisiológicos ideales (Vasconcelos *et al.*, 2019).

Los rumiantes son animales homeotermos, es decir, tienen la habilidad de controlar su temperatura corporal dentro de un ajustado margen a través de diferentes procesos fisiológicos (Bianca, 1968). Para mantenerse dentro de esta condición los animales necesitan ganar o perder calor del medio ambiente circundante (Silanikove, 2000). El mantenimiento de la temperatura corporal dentro de estrechos límites de cada especie es fundamental en todos los animales (Sarubbi *et al.*, 2016).

De acuerdo con Callejo (2019), las vacas disponen de tres principales mecanismos con los cuales producen calor:

- Ingestión de alimento: Donde el calor es generado por procesos de digestión y puede incrementar el calor corporal basal hasta en un 20%.
- Tasa de metabolismo basal. Es el calor eliminado por procesos fisiológicos vitales y depende directamente del peso metabólico, de manera que aumenta conforme la edad y peso del animal.
- Termorregulación. Es el calor producido por procesos fisiológicos puestos en marcha estratégicamente para mantener la temperatura corporal dentro de los rangos normales.

Este balance se logra a través de un constante proceso termorregulatorio que involucra el flujo de calor mediante cuatro vías básicas. Tres de estas vías (conducción, convección y radiación) son conocidas como transferencias sensibles, ya que basan su operación en el gradiente térmico, mientras que la cuarta (evaporación) opera a través de una gradiente de presión de vapor y se le denomina pérdida insensible de calor o pérdida latente (Collier *et al.*, 2006).

Los mecanismos utilizados por los animales para eliminar el calor excedente de sus cuerpos, es decir, realizar intercambio térmico con el ambiente que la rodea como muestra las Figuras No. 4 y 5, de acuerdo con Callejo (2019) son:

5.4.1 Radiación

A través del aire, donde la transmisión de calor entre dos cuerpos se produce por medio de ondas, del más caliente al más frío. Es proporcional a la diferencia de temperaturas y se produce a través de la piel. La radiación puede ser directa o indirecta, es decir, radiación reflejada por otro cuerpo sólido y recibida por el animal.

5.4.2 Convección

La transmisión de calor se produce por calentamiento del aire que rodea al animal. Al calentarse, se eleva y permite que aire más frío ocupe su lugar y se repita el proceso. Las pérdidas por esta vía son proporcionales a la velocidad del aire alrededor del animal. Esta convección puede ser forzada cuando se usa energía para mover el aire e incrementar la transmisión de calor. En ambientes calurosos no supone un porcentaje muy importante del intercambio térmico.

5.4.3 Conducción

Tiene lugar cuando un cuerpo caliente entra en contacto físico con otro más frío, siendo el intercambio térmico proporcional a la diferencia de temperatura entre ambos cuerpos. Por ejemplo, en las vacas se produce cuando están echadas.

Radiación- Conducción, Convección= Pérdidas o ganancias de calor latente.

Por otro lado, otros métodos por los cuales el animal transfiere calor hacia el ambiente son los evaporarías.

5.4.4 Evaporación

La evaporación del vapor de agua en las mucosas del aparato respiratorio, por la piel (sudoración) y por las deyecciones. Se pierden 0,54 kcal por gramo de agua evaporada. La importancia de este mecanismo aumenta conforme se eleva la temperatura ambiental. Evaporación de agua = pérdidas o ganancias de calor latente

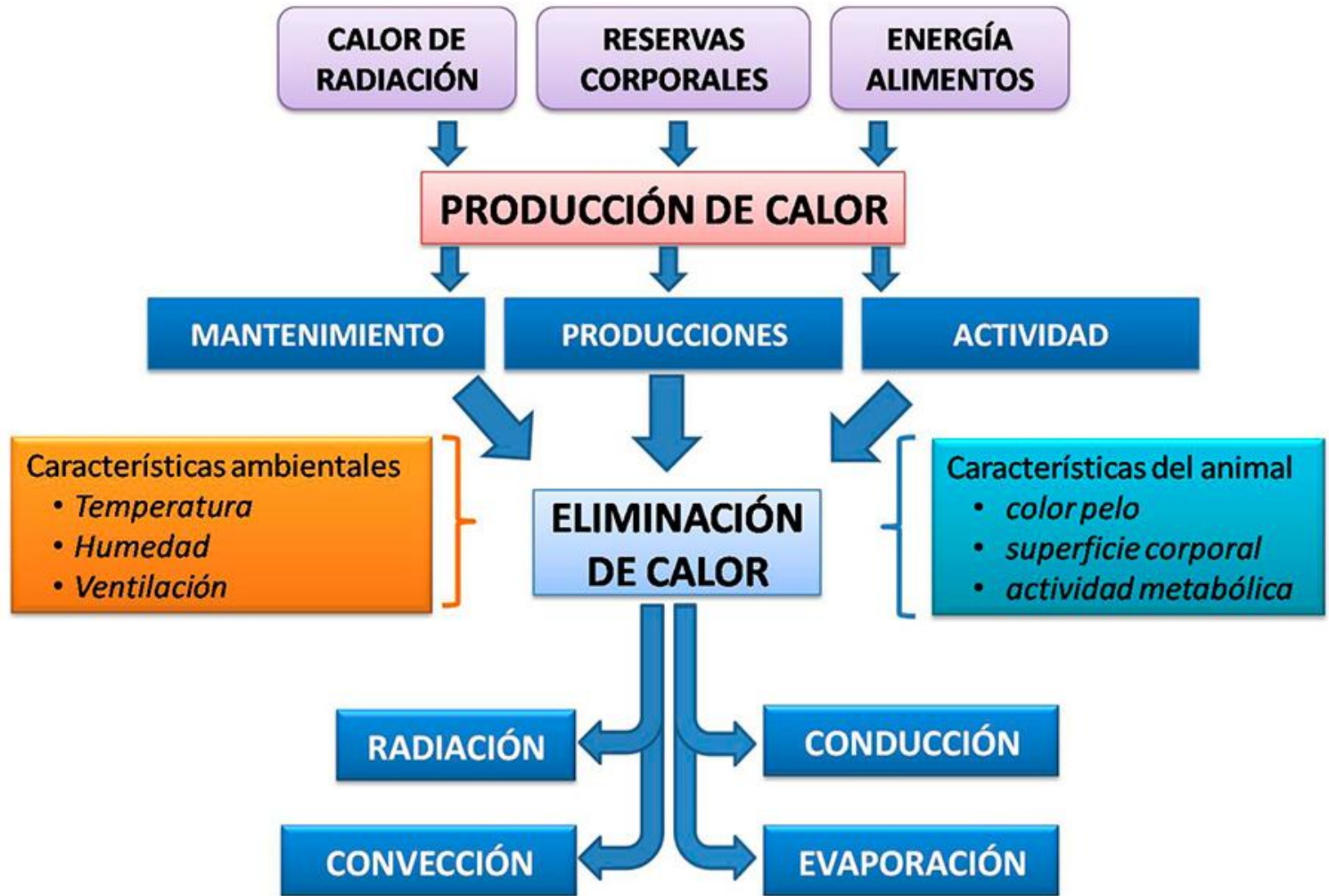


Figura No 4. Procesos de producción y eliminación de calor (Callejo, 2019).

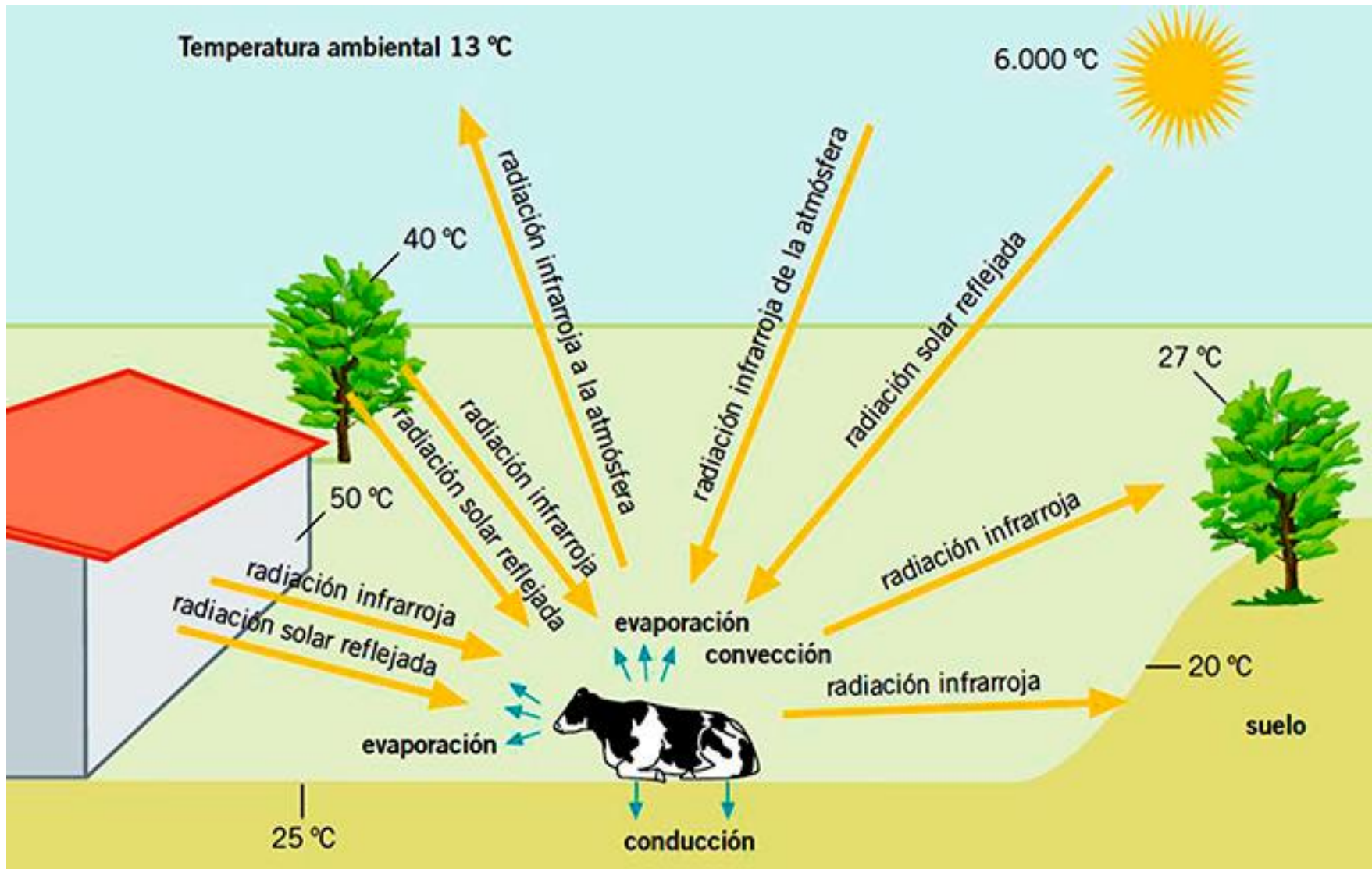


Figura 5. Factores que intervienen el intercambio de la vaca con el ambiente por medio de los cuatro mecanismos de transmisión (Fuente Callejo, 2019).

Ante condiciones climáticas drásticas que generan condiciones de hipertermia, es primordial establecer tratamiento a efectuar lo más rápido posible, ya que cuando la temperatura corporal supera los 41.5 °C, es latente un riesgo de daño permanente en órganos vitales del organismo (Maldonado, 2002). El efecto más distinguido ante dichas condiciones es una depresión adaptativa de la tasa metabólica asociada con la reducción del apetito por parte del ganado (Silanikove, 2000).

La zona de confort térmico es el rango en el cual la producción de calor generado por el metabolismo de animal se mantiene basal mediante la demanda de esfuerzos mínimos para mantener dicho equilibrio, por lo que bajo estas condiciones logran expresar su máximo potencial productivo (Arias *et al.*, 2008). De acuerdo con Johnson (1986), los umbrales térmicos como límite para una vaca lechera se encuentra entre una temperatura ambiente de -5 °C hasta 21 °C, por lo que si son irrumpidos es cuando comienza las vacas a disminuir su producción de leche, como muestra la Figura No. 6.

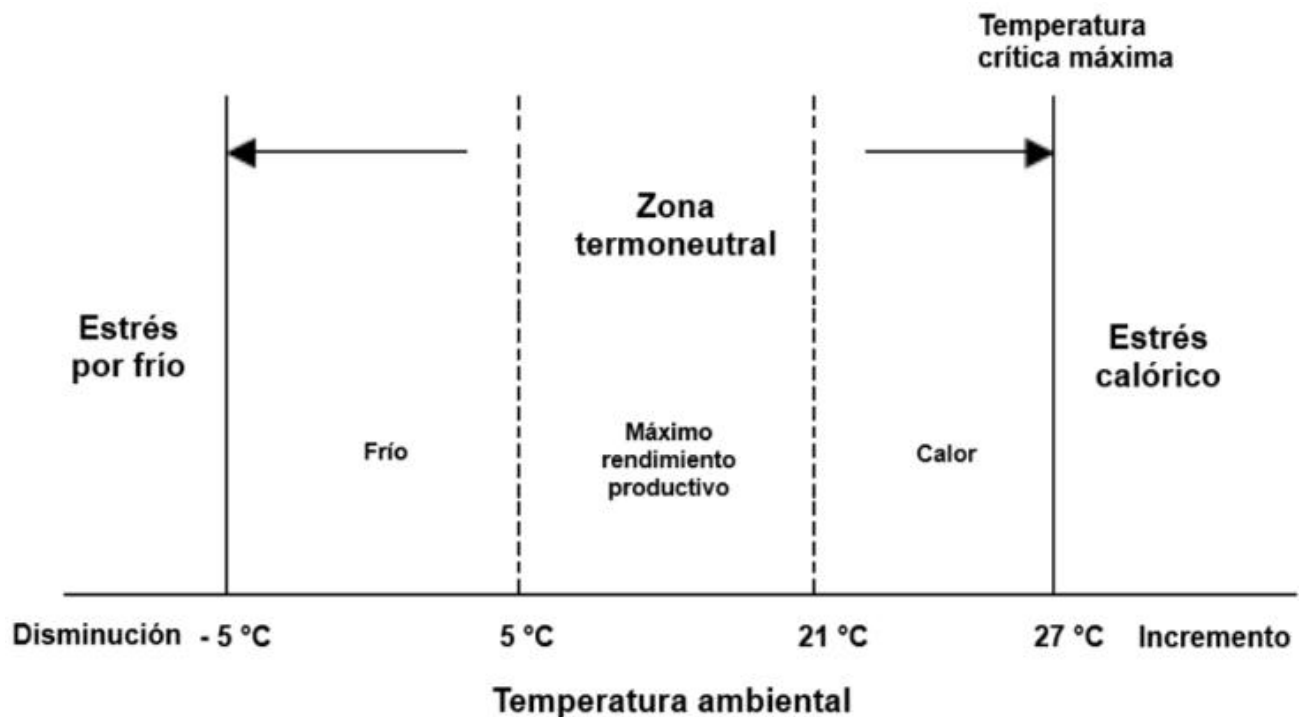


Figura 6. Representación de los rangos de temperatura ambiente mínimos, máximos y zona termoneutral para una vaca lechera Holstein (Adaptado de Bianca, 1968; Silanikove, 200; Arias, 2008).

El estrés calórico impacta significativamente en el desempeño productivo de bovinos de leche y carne (Arias *et al.*, 2008). Maldonado (2002) recomienda tratar este tipo de hipertermia con métodos físicos para enfriar al ganado, como lo son el mojado con agua fría, la ventilación forzada y los sistemas de enfriamiento, y no involucrar el uso de antipiréticos debido que ante las condiciones que está enfrentado el organismo pueden ser agentes potencialmente tóxicos para el mismo. En el Valle de Mexicali, Baja California, México, el estrés calórico en ganado lechero impacta significativamente en la producción de leche, lo cual se ha observado que esta reducción puede llegar hasta 50% (Anzures-Olvera *et al.*, 2015), así como en el metabolismo en general y conducta alimentaria de la vaca como mayor consumo de agua y menor consumo de materia seca (Correa-Calderón *et al.*, 2022).

5.5 Índice de Temperatura y Humedad

El índice de temperatura y Humedad (ITH) es un indicador biometeorológico muy utilizado en zootecnia para determinar el grado de afectación del estrés calórico en el ganado lechero de producción de media. Fue desarrollado por Thom en 1959, y considera la temperatura ambiental y la humedad relativa del aire con el confort y desempeño productivo del ganado. Como se observa en la Figura No. 7, el valor de ITH a partir del cual las vacas lecheras Holstein manifiestan estrés calórico categorizado como ligero es igual o superior a 72 unidades de ITH y se encuentra en su zona de confort térmico con menos de 72 unidades de ITH (Johnson *et al.*, 1961).

En un estudio que realizaron Fox y Tylutki (1998) encontraron que ante temperaturas ambientales superiores a 30 °C en combinación de humedades relativas de 80% y sin presencia de noches frescas las vacas pueden disminuir la producción de leche hasta 11.9 kg/día. El ITH es un parámetro confiable para monitorear el estrés del ganado bovino lechero y se puede complementar con la medición de parámetros fisiológicos como la temperatura corporal o la frecuencia respiratoria. Este indicador se puede calcular durante cualquier hora del día tan solo con contar con los datos de temperatura ambiental y humedad relativa del lugar donde se encuentran los animales o las más cercanas posibles.

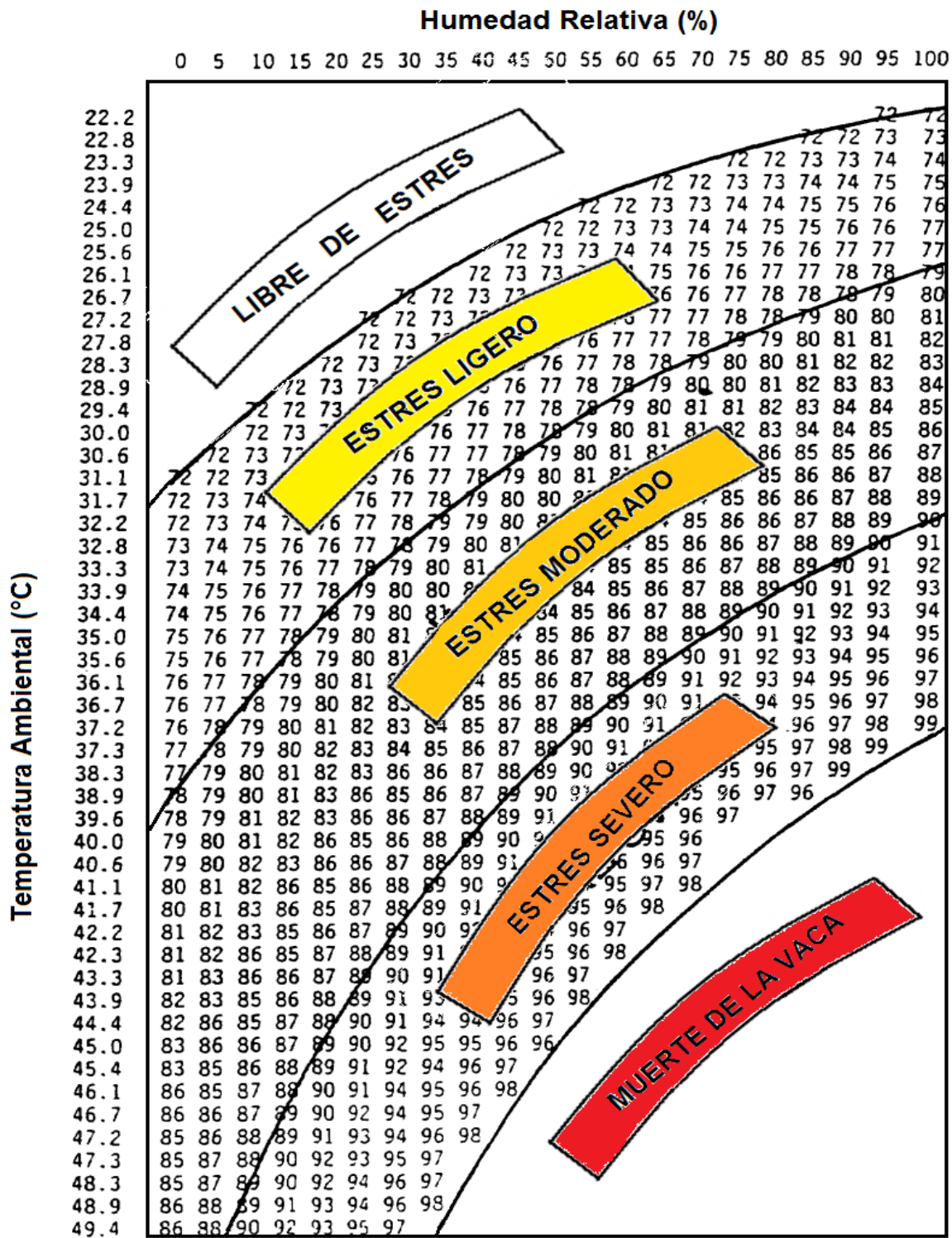


Figura No. 7. Índice de Temperatura y Humedad (Adaptado de Armstrong, 1994).

5.6 Conducta de las vacas en el corral

El comportamiento se define como el conjunto de actividades observables, ya sean heredadas o aprendidas, como respuesta a estímulos y cambios fisiológicos para adaptarse a su entorno (RAE, 2014). El técnico encargado en el manejo del ganado debe conocer su comportamiento, órganos y fisiología, porque es fundamental para lograr predecir posibles respuestas de los animales durante las prácticas rutinarias (Miraglia, 2019).

De acuerdo con Roca (2011), el comportamiento y la actividad que expresa el ganado bovino es claramente influenciado por factores climáticos del hábitat natural y productivo del animal, principalmente la temperatura ambiental, humedad relativa, precipitación, evaporación y otros; en conjunto, dichos factores afectan su balance térmico.

a) Actividades de descanso

El comportamiento de descanso de las vacas lecheras es muy importante, y la reducción de descanso y el tiempo que duermen tienen un impacto muy significativo en el bienestar y producción de las mismas (Grandin *et al.*, 2016). Cuando las vacas lecheras presentan una temperatura corporal dentro de los rangos normales suelen echarse y pasar periodos prolongados en esta posición; por el contrario, cuando tienen calor suelen pasar mayor tiempo de pie (Allen *et al.*, 2015).

Se sabe que una vaca lechera debe descansar durante aproximadamente 10 a 12 horas al día, y que el descanso es incluso más importante que el comportamiento de alimentación y la interacción con otras vacas. El tiempo que las vacas dedican al descanso es importante, ya que la reducción del tiempo que permanecen echadas puede afectar tanto a la producción como el bienestar de la vaca en general (Grandin *et al.*, 2016). En condiciones naturales que las vacas lecheras realicen pastoreo sin presencia de temperaturas ambientales tan calurosas tiene grandes beneficios en su comportamiento como lo es mayores tiempos de descanso en posición echadas y manifiestan menores niveles de agresividad (Arnott *et al.*, 2019).

Un estudio realizado por Gómez y Cook (2010) en un establo donde las vacas se encuentran alojadas en corrales (libres) y pueden caminar libremente dentro de los mismos, encontraron que una vaca pasa en promedio 12 a 14 horas al día echada y de 3 a 4 horas al día alimentándose, 30 minutos bebiendo agua y de 2 a 3 horas al día socializando con otras vacas. Sin embargo, en establos más pequeños (cerrados) donde las vacas tienen muy poca libertad de movimiento, el tiempo que permanecen echadas es menor y dicho valor varía entre 9 y 11 horas al día en esta posición. Similarmente, el tiempo que dedican para comer al día es inferior con un promedio entre 3.8 a 4.6 horas al día (Norrington *et al.*, 2008). Se sabe que las vacas lecheras duermen por periodos cortos de 3 a 4 minutos a lo largo del día mientras están en echadas, que suma un total de 3 y 4 horas, lo que representa una cuarta parte del tiempo total que permanecen echadas al día y noche, donde se presentan los episodios de sueño más largos de manera que el descanso de las vacas no es continuo (Ternman *et al.*, 2012; Grupo Quiñonez, 2023).

Cuando una vaca está echada o acostada por largos periodos, optimiza la rumia y produce más saliva, lo que reduce el riesgo de acidosis ruminal. El aporte de sangre a la ubre es mayor en una vaca echada (alrededor de 5 L/min) que en una vaca de pie (alrededor de 3 L/min); esto mejora la función de la ubre y aumenta la producción de leche (Temple *et al.*, 2016). Cuando una vaca está demasiado tiempo de pie, la presión dentro de la cápsula de la pezuña es mayor y puede provocar hipoxia (reducción del suministro de oxígeno) e isquemia (flujo sanguíneo restringido), aumentando el riesgo de cojeras (Temple *et al.*, 2016).

b) Actividades de alimentación

El mayor efecto manifestado por el estrés calórico sobre el animal es la reducción del apetito debido al trastorno del sistema gastrointestinal, por lo que una de las soluciones para que el animal logre un mayor confort es realizar un programa de manejo que incluya índole genética, bienestar, salud, responsabilidad y conciencia al momento de dirigir una explotación ganadera (Roca, 2011).

De acuerdo con De Elia (2002), por naturaleza, la ingestión de alimento por el ganado bovino se realiza durante el día, con mayor intensidad durante las primeras horas y durante el anochecer; las horas restantes del día las utilizan para descanso, rumia y pastoreo mínimo. Inclusive es de importancia mencionar que también realiza pastoreo nocturno. De tal manera que las fluctuaciones en el tiempo que emplea una vaca para alimentarse son un gran indicador de comodidad y bienestar (Tucker y Weary, 2004; Ledgerwood *et al.*, 2010).

La rumia es un indicador indiscutible de salud y bienestar de la vaca, ya que es el resultado de que ha comido y que ha podido descansar; su monitoreo es muy importante porque proporciona signos directos para efectuar un diagnóstico temprano de un posible trastorno, estrés o enfermedad que aqueja o sufrirá el animal (Press, 2013). En condiciones normales la vaca lechera lleva a cabo la rumia de 15 a 20 periodos diarios donde regurgitan unas 300 a 400 porciones de comida con un promedio de 50 movimientos masticatorios por porción (De Elia, 2002).

El mayor tiempo de rumia de las vacas se encuentra después de la caída de la noche posteriormente dicha actividad disminuye gradualmente el resto es realizado en las otras horas del día (De Elia, 2002).

El monitoreo de la frecuencia de rumia de las vacas en las unidades de producción lecheras puede llegar a ser una gran herramienta para mejorar el bienestar, rendimiento productivo e inclusive reproductivo, ya que pueden ser indicadores de estro (Reith *et al.*, 2014; Pahl *et al.*, 2015), de alguna patología (Whay y Shearer, 2017), inclusive para predecir el momento del parto, lo cual ayudaría a reducir el porcentaje de distocia y mortalidad de terneros (Schirmann *et al.*, 2013; Kok *et al.*, 2017).

Una carga elevada de calor ambiental induce en el ganado cambios importantes en su confort. El mayor tiempo de rumia de las vacas se encuentra después de la caída de la noche; posteriormente dicha actividad disminuye gradualmente y el resto es realizado en las restantes horas del día (De Elia, 2002).

Una carga elevada de calor ambiental induce en el ganado cambios importantes en su comportamiento, como los son la actividad motora, la frecuencia de acostarse y el tiempo que permanecen de pie, el rendimiento productivo, la ingesta de alimento, ingesta de agua, agresión, miedo o angustia, e inclusive incremento de las frecuencias de mugidos (Polsky y von Keyserlingk, 2017).

En un estudio realizado por Schirmann *et al.* (2013), encontraron que las vacas 24 horas antes del parto disminuyen el tiempo empleado en alimentarse en un 27 %, y su consumo de materia seca disminuye en promedio 3.8 kg; en consecuencia, disminuye el tiempo de rumia en 23 %. Bajo condiciones climáticas de estrés calórico, las vacas también reducen su consumo de materia seca y el tiempo de rumia, lo que a su vez afecta la degradabilidad ruminal ya que es menor en consecuencia del menor tiempo de masticación y reducción de la partícula del alimento ingerido (Maia *et al.*, 2020).

De acuerdo con Grupo Quiñonez (2023), en condiciones termoneutrales las vacas realizan más actividades de rumia durante las horas de la noche y el tiempo que tardan rumiando o remasticando el bolo de alimento depende primordialmente de la composición de la dieta, cuando existe en el corral algún objeto que dificulte a la vaca acostarse o se les impide acostarse de manera experimental realizan la rumia de pie.

La actividad de alimentación de los terneros en condiciones naturales, es aprendido principalmente mediante la observación de su madre, pero también aprende de otros miembros del hato y lo realiza de manera conductual en su vida, dicho proceso consiste en enrollar la lengua para envolver el pasto, posteriormente mover la cabeza hacia arriba para lograr cortarlo y casi siempre se realiza dicho proceso de alimentación en línea recta, cosechando a manera que avanza (De Elia, 2002).

Las vacas que experimentan estrés térmico aumentan su periodo de pie y, por el contrario, disminuyen su tiempo para caminar y su permanencia de acostadas con una reducción de 3 h/d sobre un índice de temperatura y de humedad que fluctúe entre 56.2 a 73.8 unidades, manifestado periodos de descanso de hasta 8 h/d para la sesión más cálida filmada (Cook *et al.*, 2007).

Cuando las vacas presentan una temperatura corporal superior a 38.8 °C se levantan con mayor frecuencia, y los periodos que pasan de pie son más largos, está comprobado que una temperatura corporal central igual a 38.93 °C representa una probabilidad del 50% de que una vaca esté de pie (Allen *et al.*, 2015).

Es de suma importancia que las vacas cuenten con áreas para descanso confortables ya que esto los motivará a descansar de 10 a 12 horas diarias lo que tiene un efecto significativo en la producción. De acuerdo a una experiencia Chiavassa (Temple *et al.*, 2024) demuestra que invertir para mejorar el bienestar de las vacas tiene un impacto positivo en los resultados económicos debido a una mejora significativa de la eficiencia de conversión de alimento en leche.

5.7 Cambio climático en zonas desérticas

Las condiciones climáticas en el Valle de Mexicali, Baja California, durante los meses de verano son muy calurosas, ya que la temperatura máxima promedio es de 42 °C y muy rara vez baja a menos de 32 °C; por otro lado, la precipitación en esta zona se considera escasa con apenas 18 milímetros anuales (Weather Spark, 2024).

En el año 2021 México rompió récord con la temperatura ambiental más alta registrada con 51.4 °C; además, este el año fue el sexto año más cálido a nivel mundial y el cuarto a nivel nacional; de hecho, en Mexicali murieron 25 personas por esta causa (Méndez, 2022). Esto mismo fue constatado por reportes emitidos de manera independiente por la Administración Nacional de Aeronáutica y Espacio por sus siglas en inglés (NASA) y Berkeley Earth tomando en cuenta desde que los registros observacionales empezaron (Programa de Investigación en Cambio Climático PICC, 2022).

La constante acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera de nuestro planeta está ocasionando un cambio climático con notables cambios climáticos que inclusive llegan a influenciar en la modificación de ecosistemas, en la producción pecuarias estos cambios requieren de gran atención por parte de los productores, ya que pueden impactar seriamente en el bienestar y salud del ganado (Sánchez *et al.*, 2020).

Todos los animales de vida silvestre implementan cambios fisiológicos y genotípicos para adaptarse al ambiente natural en el que viven, ya que constantemente las condiciones climáticas se alteran y la sobrevivencia de los mismos depende de la capacidad de adaptarse a las circunstancias de su nuevo entorno de manera que salvaguardar el bienestar de los mismo será uno de los desafíos para la humanidad ya que con el apoyo de ellos obtenemos nuestros alimentos (Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Baja California PACC-BC, 2012).

En los últimos años se ha notado un incremento en las temperaturas ambientales en la Península de Baja California inclusive en lugares donde el clima se consideraba estable, y se estima que continuará una tendencia de calentamiento general. En Mexicali y en la Sierra de Guadalupe, en el Estado de Baja California, son los lugares donde más se ha notado este cambio climático (Ezcurra *et al.*, 2021).

Los animales de producción se han seleccionado a través de los años por sus características productivas en condiciones de confinamiento y de manera intensiva con la finalidad de mejorar su rendimiento productivo y sus bases genéticas son más estrechas que sus antepasadas especies salvajes, debido a esto, es primordial la intervención humana para salvaguardar su integridad ante condiciones ambientales extremas presentes en su entorno y mantener su eficiencia productiva desde otras perspectivas más sustentables (PACC-BC, 2012).

En el cuadro No. 2, se muestran proyecciones de cambios estacionales de la temperatura ambiental máxima de tres ciudades de Baja California (Mexicali, Tijuana y Ensenada) en dos escenarios: temperatura máxima estacional (A2) y cambios absolutos en escenarios futuros (B2) para el período 2010-2039, también nombrado como período de la década de los 2020s, con respecto al periodo base de 1961-1990. Como podemos notar, ocurrirá un incremento de la temperatura máxima estacional en la ciudad de Mexicali en verano de 1.7 °C, mientras que en la ciudad de Tijuana de 0.7 °C0

Anudado a esto, Schaubberger *et al.* (2020) menciona que el calentamiento global ha afectado con mayor intensidad en las últimas décadas, y el ganado como respuesta presenta un incremento en su frecuencia respiratoria producto del estrés calórico, principalmente en sistemas de producción intensivo, por lo que recomienda que las unidades de producción se deben de sofisticar con medidas de mitigación al estrés calórico como la implementación de sombras más efectivas, sistemas de ventilación o aspersión de agua, para así mejorar la eficiencia productiva y el bienestar del ganado.

Por lo tanto, el principal desafío que enfrenta el ganado en Baja California son altas temperaturas ambientales, principalmente en la zona Valle, que como respuesta implementan diversas estrategias regulatorias cuando la temperatura ambiental excede los 25 °C, lo cual afecta directamente en su desempeño productivo en carne, leche y reproductivo (PACC-BC, 2012).

Cuadro No. 2. Proyecciones de incremento de temperaturas ambientales máximas promedio en los próximos periodos en Baja California.

	Mexicali			Tijuana			Ensenada		
	(1961-1090)	A2	B2	(1961-1990)	A2	B2	(1961-1990)	A2	B2
Primavera	21.0	0.6	0.7	21.9	0.4	0.7	19.6	-0.9	-0.8
Verano	29.7	1.7	1.9	27.8	0.7	1.0	20.5	-0.5	-0.6
Otoño	40.6	1.5	1.9	25.5	0.6	0.5	24.6	-0.6	-0.5
Invierno	31.5	1.7	1.8	19.8	-0.6	-0.6	24.0	-0.2	-0.3
ANUAL	30.7	2.3	1.5	23.8	0.3	0.4	22.2	-0.5	-0.5

Fuente: (Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Baja California PEACC-BC, 2012).

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Clima y ubicación del estudio

El estudio se realizó en el establo lechero comercial Morelia, ubicado en el Valle de Mexicali, en la región noroeste del estado de Baja California, ubicado en el noroeste de México (ubicación geográfica 36° 26' N, 115° 11' O y altitud de 14 msnm. Esta región pertenece al ecosistema Desierto Sonorense, con veranos secos y calurosos. Mientras que la temperatura media anual es de 22 °C, las temperaturas bajas durante el invierno llegan a 0 °C, y las temperaturas máximas durante el verano alcanzan los 50 °C (García, 2004).

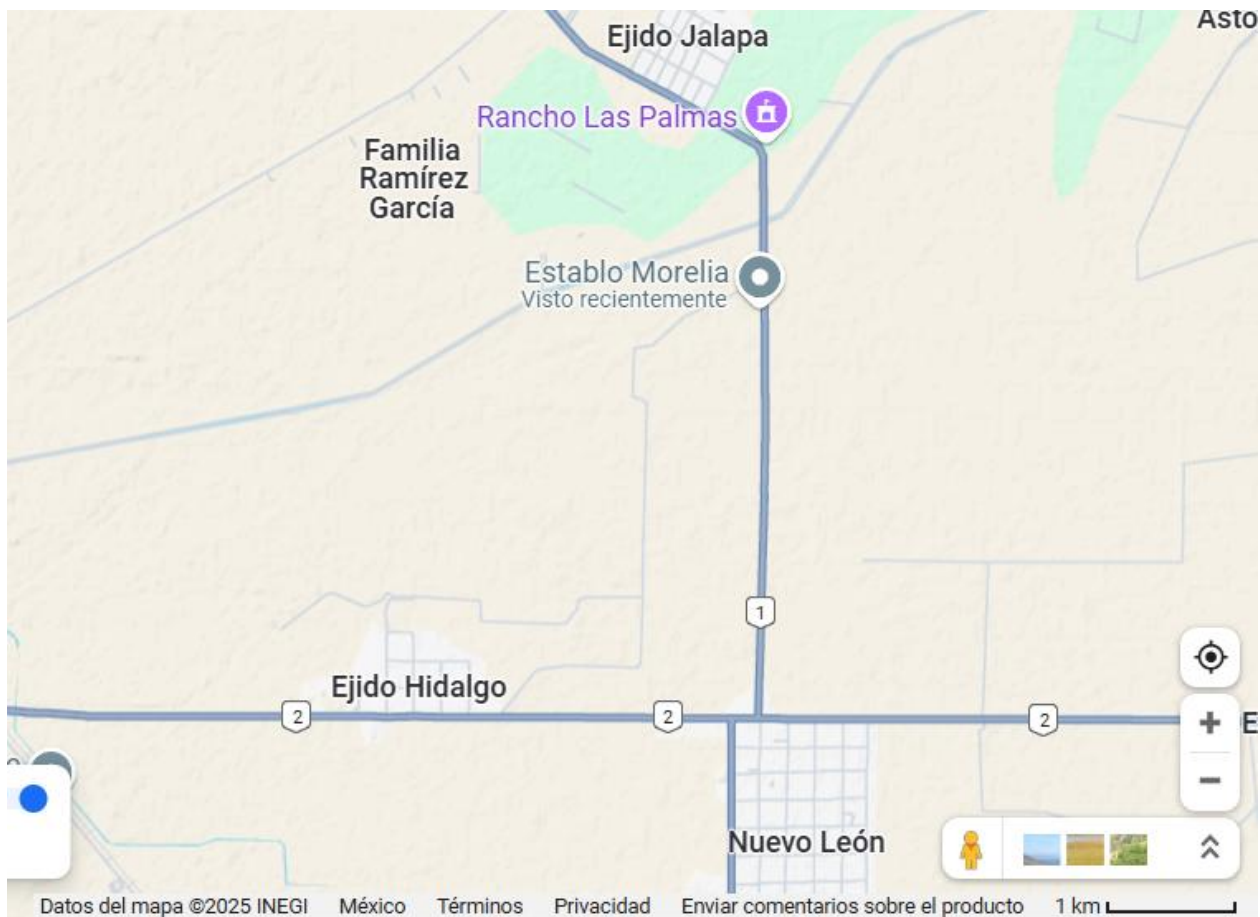


Figura No. 8. Ubicación del establo lechero Morelia. Datos del mapa INEGI 2025.

6.2 Animales de experimentación y tratamientos

El establo lechero Morelia cuenta con aproximadamente 600 vacas Holstein en producción. Se utilizaron 30 vacas multíparas raza Holstein con 60 días antes de la fecha estimada de parto durante los meses más calurosos de la zona, julio y agosto. Considerando los días preparto y edad (1-5 partos), las vacas se agruparon de manera homogénea y se alojaron en dos corrales de los tratamientos de acuerdo su fecha programada de parto siguiendo los registros individuales. Tratamiento 1 SinE, corral provisto solo con sombra en el centro del mismo (n=15 vacas). Tratamiento 2 ConE, corral que se equipó con un sistema de enfriamiento ubicado bajo la sombra, el cual estuvo constituido por válvulas de aspersión de agua y ventilación forzada con abanicos. Este equipo funcionó de manera automática durante 10 horas al día, 09:00 a 19:00 horas. El monitoreo de la conducta de las vacas se realizó del 20 de julio al 20 de septiembre (8 semanas).



Figura No. 9. Vacas bajo el sistema de enfriamiento.

6.3 Cuidado y manejo de animales

Todos los procedimientos relacionados con el manejo de las vacas en estudio se apegaron a los lineamientos de las Normas Oficiales Mexicanas aprobadas para la producción, cuidado y uso de animales de investigación científica NOM-062-ZOO-1999. Además, todos los procedimientos experimentales fueron evaluados y autorizados por el Comité de Ética e Investigación de la Universidad Autónoma de Baja California.

6.4 Colección de variables de estudio

6.4.1 Variables de conducta

El monitoreo del comportamiento de las vacas se realizó mediante un análisis de barrido visual con duración de 10 min durante 3 días a la semana con 12 periodos de muestreo cada día, donde los horarios fueron: 6:00, 7:00, 8:00, 10:00, 11:00, 12:00, 13:00, 14:00, 15:00, 16:00, 17:00 y 18:00 h. Se monitoreó la conducta de los animales bajo los siguientes grupos de variables:

- 1) Episodios de descanso: vacas de pie (P) y echadas (E), y
- 2) Episodios de alimentación: vacas comiendo (C), bebiendo (B), rumiando paradas (RP) y rumiando echadas (RE).

Estos perfiles se utilizaron para obtener un escenario general del estado de salud, fisiológico y metabólico del ganado. Cabe mencionar que a las 9:00 h se ofreció el alimento diariamente, por lo que la mayor parte del porcentaje de vacas se encontraron comiendo o se acercaron al comedero; por lo tanto, no se monitoreó el comportamiento durante esta hora. Cada corral contó con un bebedero en línea de llenado automático y pudo ser utilizado por 3 animales a la vez.

Los episodios de cada actividad se restiraron en tablas de datos de campo, se utilizo una hoja por día que con tenía espacio para anotar cada actividad en horario preciso, numero de animales en corral, así como observaciones extra, figura No. 14.



Figura No. 10. Vacas descansando de pie o echadas.



Figura No 11. Vacas comiendo en el corral con enfriamiento.



Figura No 12. Vacas comiendo del corral sin enfriamiento.



Figura No 13. Vaca bebiendo del corral sin enfriamiento.

DATOS DE CAMPO DE CONDUCTA
EXP. ENFRIAMIENTO VACAS EN PERIODO SECO

Fecha:

Día:

ENFRIAMIENTO							
Hora	Comiendo	Bebiendo	Rumia parada	Rumia echada	Descanso parado	Descanso echado	Total
06:00							
07:00							
08:00							
10:00							
11:00							
12:00							
13:00							
14:00							
15:00							
16:00							
17:00							
18:00							
TESTIGO							
Hora	Comiendo	Bebiendo	Rumia parada	Rumia echada	Descanso parado	Descanso echado	Total
06:00							
07:00							
08:00							
10:00							
11:00							
12:00							
13:00							
14:00							
15:00							
16:00							
17:00							
18:00							
Observación:							

Figura No 14. Tabla de campo para registro de actividades de descanso y alimentación durante los episodios de muestreo al día.



Figura No 15. Monitoreo de partos.

Durante el estudio también se estuvo al pendiente de los partos, si alguna de las vacas requería de asistencia técnica para realizar el parto de manera óptima era trasladada a la sala de ordeña y enfermería de vacas frescas para ser atendida. Posteriormente se dejaba 15 minutos para que limpiara y estimulará a su ternero, posteriormente las vaca era enviada a un corral para vacas fresca por lo cual ya no participaría más en el estudio, de tal manera que nuestro número de animales disminuiría acorde a las pariciones de las vacas u otras circunstancias como aborto u presencia de otras patologías.

6.4. 2 variables climáticas

Se obtuvieron los datos de temperatura ambiental (TA) y humedad relativa (HR) cada 10 minutos durante el periodo de experimento de una estación climática cercana a la zona de estudio y que pertenece al Sistema de Información para el Manejo de Agua de Riego en Baja California (SIMARBC). Con dichos datos se estimaron los valores de TA y HR máxima, mínima y promedio por hora y diaria. De igual manera se estimó el Índice Temperatura-Humedad (ITH) utilizando la fórmula propuesta por Hahn (1999): $ITH = 0.81(TA) + HR(TA - 14.4) + 46.4$

6.5 Análisis estadístico

Se obtuvieron frecuencias relativas de cada variable de conducta: descanso de pie, descanso paradas, comiendo, bebiendo, rumiando paradas y rumiando echadas; dado que estas variables no siguieron una distribución normal, se aplicó la transformación arcoseno con la finalidad de estabilizar las varianzas y homogeneizar los datos para cumplir con los supuestos de normalidad, previo a la expresión de las frecuencias en porcentajes. Esto se comprobó con la prueba Shapiro-Wilks. Así, se realizó un análisis de varianza de los mismos por medio de un modelo lineal con mediciones repetidas que incluyó los siguientes efectos:

$$Y_{ijkl} = \mu + H_i + D_j + T_k + H(D)_{ij} + E_{ijkl}$$

Donde

Y_{ijkl} = es la $ijkl$ -ésima variable de respuesta o de conducta,

μ = es la media poblacional de la variable en cuestión,

H_i = es el efecto de la i -ésima hora de muestreo,

D_j = es el efecto del j -ésimo día de muestreo,

T_k = es el efecto del k -ésimo tratamiento,

$H(D)_{ij}$ = es la anidación de la i -ésima hora en el j -ésimo día

E_{ijkl} = es el error experimental

El tratamiento se consideró como efecto fijo y la anidación hora en día se consideró como efecto aleatorio; asimismo, el error experimental se consideró como efecto aleatorio. Se obtuvieron medias ajustadas por tratamiento y se compararon con el comando PDIFF usando el procedimiento MIXED. Los análisis se realizaron con el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System, Ver. 9.1), con un nivel de error de 5%.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Variables climáticas

7.1.1 Temperatura ambiental

Las temperaturas ambientales promedio durante el periodo de estudio fueron calurosas, siempre por encima de los 21 °C (ver Figura No. 16), con picos máximos de las 14:00 a 16:00 h (37.76, 37.87 y 37.50°C); las horas menos calurosas se presentaron durante las primeras horas del día, de las 3:00 a 6:00 h (24.61, 24.14, 23.77 y 23.81 °C). Por lo tanto, es posible afirmar que las vacas se encontraron en condiciones climáticas de estrés por calor, ya que las TA fueron siempre superiores al umbral máximo de tolerancia propuesto por Johnson (1987), que es de 21 °C específicamente para vacas de la raza Holstein. A pesar que ambos corrales donde se llevó a cabo el presente estudio contaban con estructuras de sombra, el calor generado por la radiación solar y que llega a los animales pudo ser de manera directa por un costado de los corrales, inclusive también pudo ser por medio de la cantidad de calor transferida por las estructuras de sombra o suelo caliente, así como la cantidad de radiación reflejada por los mismos (Berman, 2019). La TA promedio más baja fue de 23.77 °C y se presentó a las 5:00 h, mientras que la TA máxima promedio fue de 37.87 °C y ocurrió a las 15:00 h.

7.1.2 Humedad relativa ambiental

En cuanto a la HR presente en el ambiente durante el periodo de estudio, se mostró de manera contraria a la TA, como se observa en la Figura No. 17, es decir, los valores más húmedos se presentaron durante las últimas y primeras horas del día, de las 20:00 a las 6:00 h, el valor más alto se presentó a las 7:00 h con 68.28%. Tomando en cuenta la relación de temperatura y humedad presentada por Armstrong (1994), a partir de una combinación de TA de 23.9 °C y una HR de 65%, el ganado lechero comienza a manifestar síntomas de estrés calórico ligero, que el ITH representado por estos datos climáticos corresponde a 72 unidades. Por lo tanto, las vacas de encontraban en estrés calórico constante durante los días de estudio.

7.1.3 Índice de temperatura y humedad

Con el promedio las variables climáticas de TA y HR en cada hora de muestreo se calcularon los ITH respectivos, como se observa en la Figura No. 18. Los valores más altos de ITH se observaron a las 13:00, 14:00 y 15:00 h, siendo de 82.3, 82.6 y 82.7 unidades, respectivamente. En un estudio realizado por West *et al.* (2003), se encontró una disminución en el consumo de materia seca de 0.51 kg por cada unidad de aumento en el ITH cuando éste se encontraba entre 73 y 82 unidades. Se ha estipulado que el ITH es un indicador eficaz para determinar el grado de estrés calórico que experimentan las vacas lecheras en lactancia al enfrentar condiciones ambientales calurosas debido a que se relaciona directamente con las temperaturas rectales de las mismas (Dikmen y Hansen, 2009).

7.1.4 Vacas descansando echadas

El porcentaje de vacas descansando echadas a las 12:00 h fue mayor ($P < 0.05$) en SinE (57.97 %) que en ConE (47.81 %); a las 14:00 horas del día fue mayor ($P < 0.05$) el porcentaje de las vacas echadas en ConE con 64.96 % contra 48.80 % del grupo SinE, sin embargo, de nuevo a las 15:00 h fue mayor ($P < 0.05$) el porcentaje de vacas echadas en SinE con 65.17 % vs 65.17% del ConE. En las demás horas del día no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$), como se muestra en la Figura No. 19. El sistema de enfriamiento de los corrales se encontraba ubicado solo en un costado del mismo; en un estudio realizado por Berman (2019) se encontró que el cuerpo de la vaca puede afectar la cantidad de flujo de aire que llega al cuerpo de otra vaca, ya sea que estén de pie o echadas, lo cual podría influir en el cambio de posición de descanso de las mismas en un intento por enfriarse con mayor eficacia. Quizás a esto mismo puedan atribuirse las variaciones de posición de las vacas en este estudio.

Otro estudio realizado en el Valle de Mexicali por Mejía-Lastra *et al.* (2022), las vacas decidieron permanecer de pie bajo la sombra y bajo los sistemas de enfriamiento a medida que se incrementaban las condiciones calurosas en el ambiente. De acuerdo con Nordlund *et al.* (2019), el tiempo que los animales permanecen descansando echados disminuyen de 9 horas a 6 horas al día en relación a que se incrementa el ITH de 68.5 a

79.9 unidades. Es bien sabido que las vacas en posición de descanso de pie, al exponer mayor parte de su cuerpo a las corrientes de aire y a la aspersion de agua, mejoran su transferencia de calor hacia al ambiente (Avendaño-Reyes *et al.*, 2007; Allen *et al.*, 2015; Angrecka y Herbut, 2017; Mejía-Lastra *et al.*, 2022).

7.1.5 Vacas descansando paradas.

En cuanto al porcentaje de vacas descansando paradas a las 14:00 y 18:00 h, en SinE fue mayor ($P < 0.05$) que el porcentaje del SinE, siendo de 44.34 vs 28.12% y de 28.86 vs 16.98% en los horarios mencionados. En las demás horas del día, el número de vacas de pie en ConE y SinE fue similar ($P > 0.05$), como muestra la figura No. 20. Para incrementar la pérdida de calor corporal, las vacas tienden a pasar más tiempo paradas para incrementar la superficie corporal y así disipar más calor por el proceso de convección (Smith *et al.*, 2016).

7.1.6 Vacas bebiendo

El porcentaje de vacas bebiendo en SinE fue mayor ($P < 0.05$) que en vacas ConE (9.13 vs 4.72%) a las 6:00 h. A las 7:00 h fue, al contrario, mayor ($P < 0.05$) porcentaje de vacas en el grupo ConE (9.11 vs 4.90%). A las 10:00 h el porcentaje de vacas bebiendo fue superior ($P < 0.05$) en el corral SinE (4.55 vs 0%) que en corral ConE, posteriormente de nuevo a las 18:00 h fue mayor ($P < 0.05$) en el grupo SinE (9.06 vs 5.44%). A las 13:00, 14:00, 15:00 y 17:00 h fue mayor el porcentaje de vacas bebiendo en el tratamiento SinE respecto al ConE, pero solo numéricamente. Por lo tanto, se observa a grandes rasgos que las vacas pasaron con mayor frecuencia bebiendo agua en el tratamiento SinE, como muestra la figura No.21. En un estudio realizado por Hanušovský *et al.* (2017), donde utilizaron bolos ruminales para realizar el monitoreo continuo del comportamiento de las vacas durante 24 semanas cuando la temperatura ambiental fluctuaba entre los 20 °C, las vacas acudieron con mayor frecuencia a tomar agua y a realizar mayores actividades físicas como andar caminando a lo largo del corral.

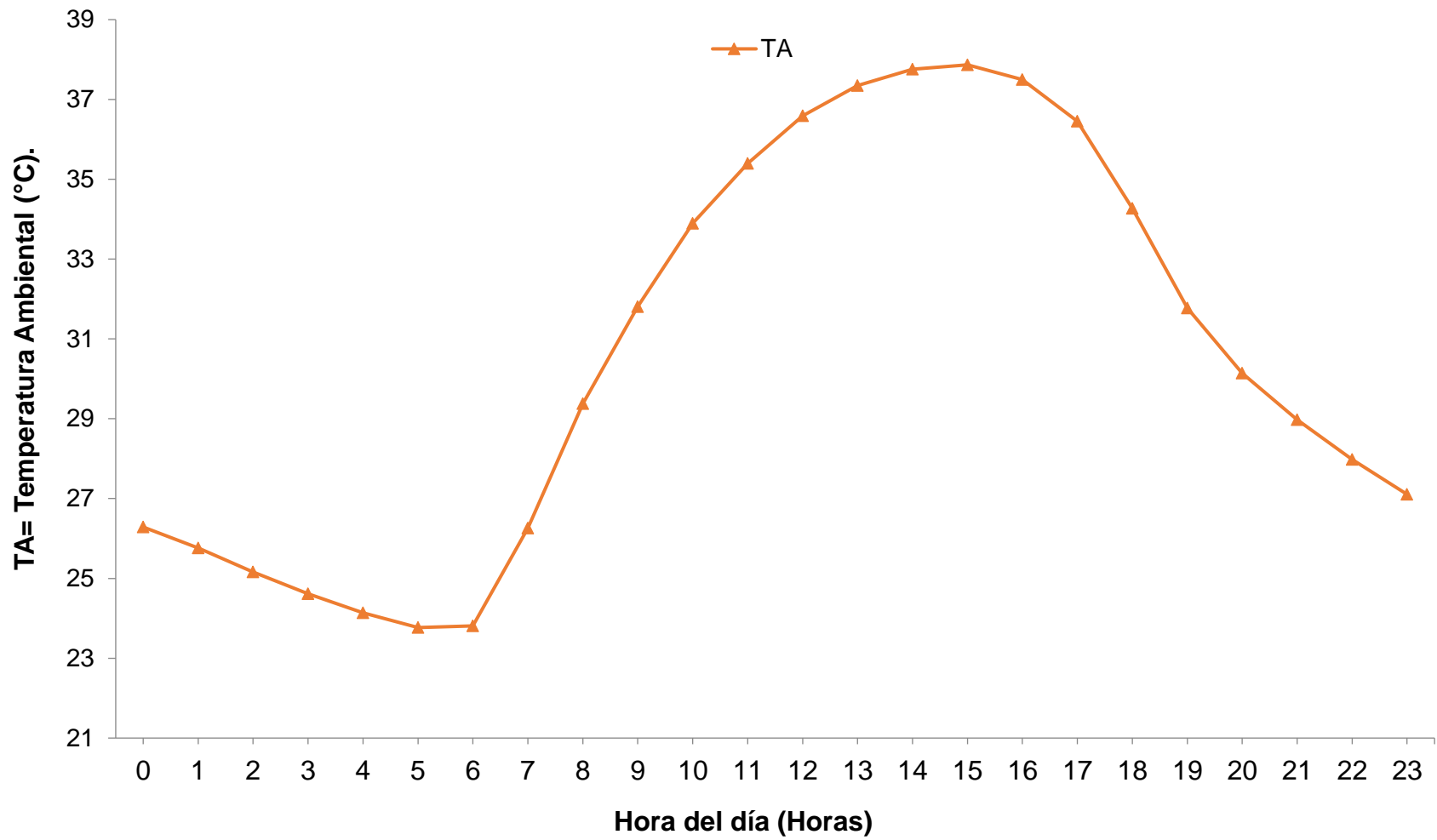


Figura No. 16. Promedios de temperatura ambiental diaria por hora del día durante el estudio.

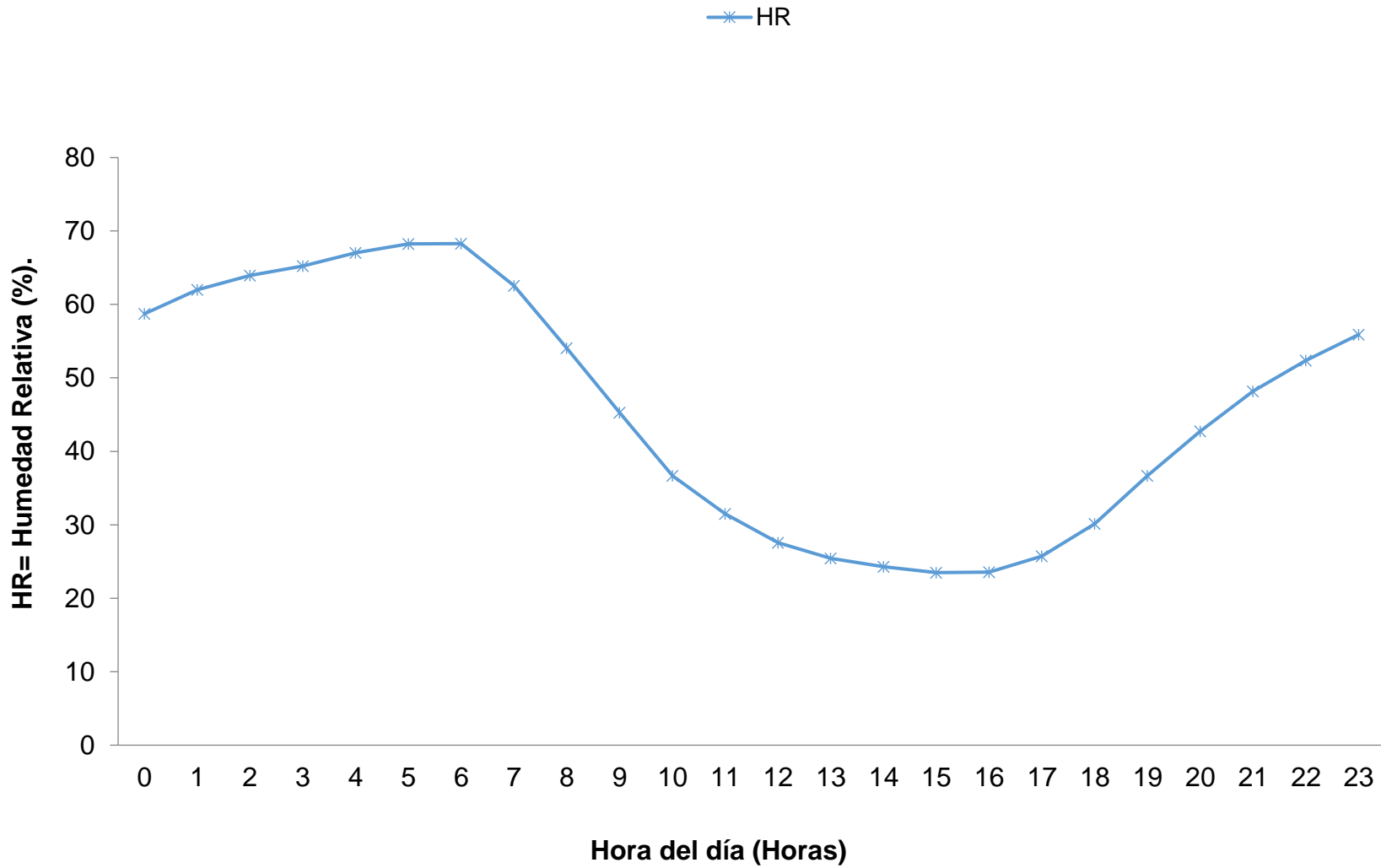


Figura No. 17. Promedios de humedad relativa diaria por hora durante el estudio.

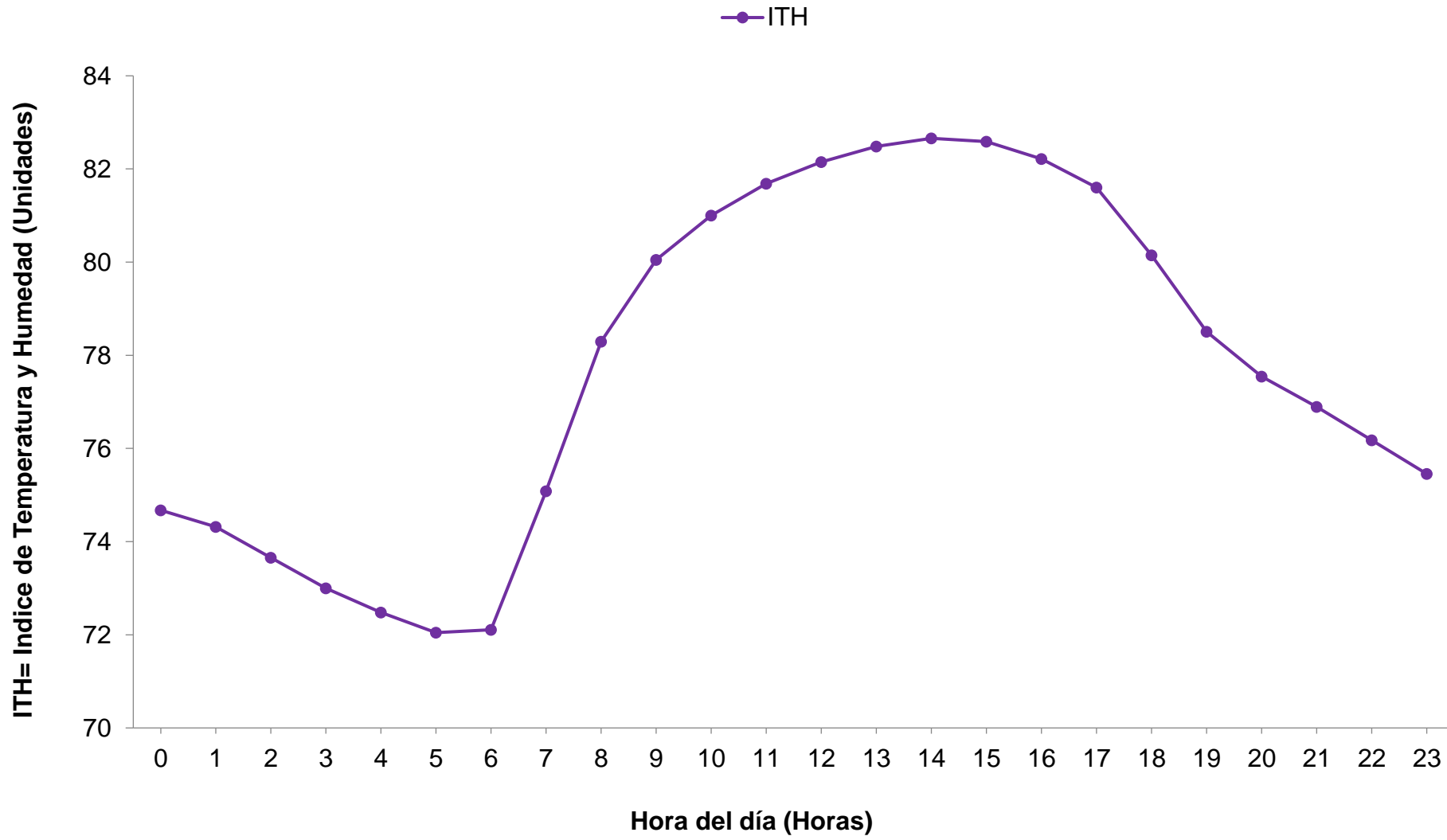


Figura No. 18. Promedios del índice temperatura-humedad diaria durante el estudio.

7.1.7 Vacas comiendo

El porcentaje de vacas comiendo a las 18.00 h fue superior ($P < 0.05$) en ConE que las de SinE (59.42 vs 48.49%), como se observa en la Figura No. 22, a pesar de que dicha hora fue de las que presentaban mayores adversidades climáticas para las vacas. En el mayor número de horas del resto del día mostraron esta misma tendencia, pero solo numéricamente. Estos resultados coinciden con otros estudios donde se determinó que las vacas bajo estrés calórico prefieren acortar sus periodos de comer durante las horas más calurosas de la tarde lo cual se correlaciona con los ITH más altos (Mejía-Lastra et al., 2022; Ramón-Moragues et al., 2022; Antanaitis et al., 2023). La caída en la eficiencia alimentaria en climas cálidos debido al estrés por calor que sufren las vacas tiene un impacto importante en la economía del establo (Flamenbaum, 2023).

Cabe mencionar que el consumo de materia seca que no realizan durante estas horas no fue suficiente para cubrir sus necesidades es compensado y realizan esta actividad durante la noche (Antanaitis et al., 2023). A medida que se incrementa el ITH debido a las condiciones climáticas del ambiente, las vacas van en busca de sombra y lugares frescos en lugar de alimentarse (Tucker et al., 2007). De acuerdo con Ramón-Moragues et al. (2022), existen otros picos de mayor presencia de alimentación por parte de las vacas en las unidades de producción, los cuales ocurren después del ordeño y cuando hay una cantidad considerable de alimento fresco disponible en el comedero. Por lo tanto, cabe mencionar que en este estudio no se realizaron obtención de datos de conducta de descanso y alimentación durante las 9:00 del día, ya que en este horario se realizaba el suministro de alimento en los comederos.

7.1.8 Vacas rumiando echadas

El porcentaje de vacas rumiando echadas del ConE fue superior ($P < 0.05$) que el porcentaje de vacas del SinE a las 7:00 h (9.25 vs 0%), como se observa en la Figura No 16. Sin embargo, posteriormente fue al contrario, es decir, fue mayor ($P < 0.05$) el porcentaje en ConE a las 8:00 h (11.64 vs 3.51%), 10:00 h (15.83 vs 3.51%), 14:00 h y 15:00 h (17.46 vs 12.18%). En las horas restantes del día se manifestó esta misma tendencia, pero solo numéricamente ($P > 0.05$). Nuestros resultados coinciden con los

mencionados por Maia *et al.* (2020) en vacas expuestas a condiciones de estrés calórico en cámaras climáticas bajo un ITH promedio de 83.1 unidades, en comparación de vacas sin estrés calórico; el valor de rumia más alto expresado fue a las 4:00 h y la magnitud de este pico fue mayor 22.9% en las vacas libres de estrés que las de vacas bajo estrés calórico, mientras que el segundo pico de rumia total ocurrió a las 20:00 h y de nuevo fue mayor el de las vacas libres de estrés que el de las vacas en estrés calórico en un 27%.

Otros autores (Moretti *et al.*,2017) también determinaron que el tiempo de rumia de las vacas lecheras es menor bajo condiciones climáticas de estrés calórico y que existe una correlación negativa con el ITH. De manera que se observan los porcentajes de vacas realizando esta actividad durante las horas más frescas del día e inclusive durante la noche llegando a representar el 63.2% del tiempo de rumia diurno total el cual va disminuyendo conforme aumenta el ITH. Ramón-Moragues *et al.* (2021) encontraron la misma tendencia ante un THI alto los animales redujeron el tiempo dedicado a comer, así como el tiempo de rumia.

7.1.9 Vacas rumiando paradas

El porcentaje de vacas rumiando paradas en los tratamientos fueron similares en todas las horas día ($P > 0.05$), como podemos observar en la figura No. 17. A pesar de ello, cabe mencionar que los porcentajes de vacas paradas rumiando son ligeramente menores a los máximos encontrados por Leva *et al.* (2017) en vacas en condiciones de estrés calórico. Inclusive, en algunas horas de estudio dentro de los valores habituales en condiciones normales del 10 % (Hodgson, 1990).

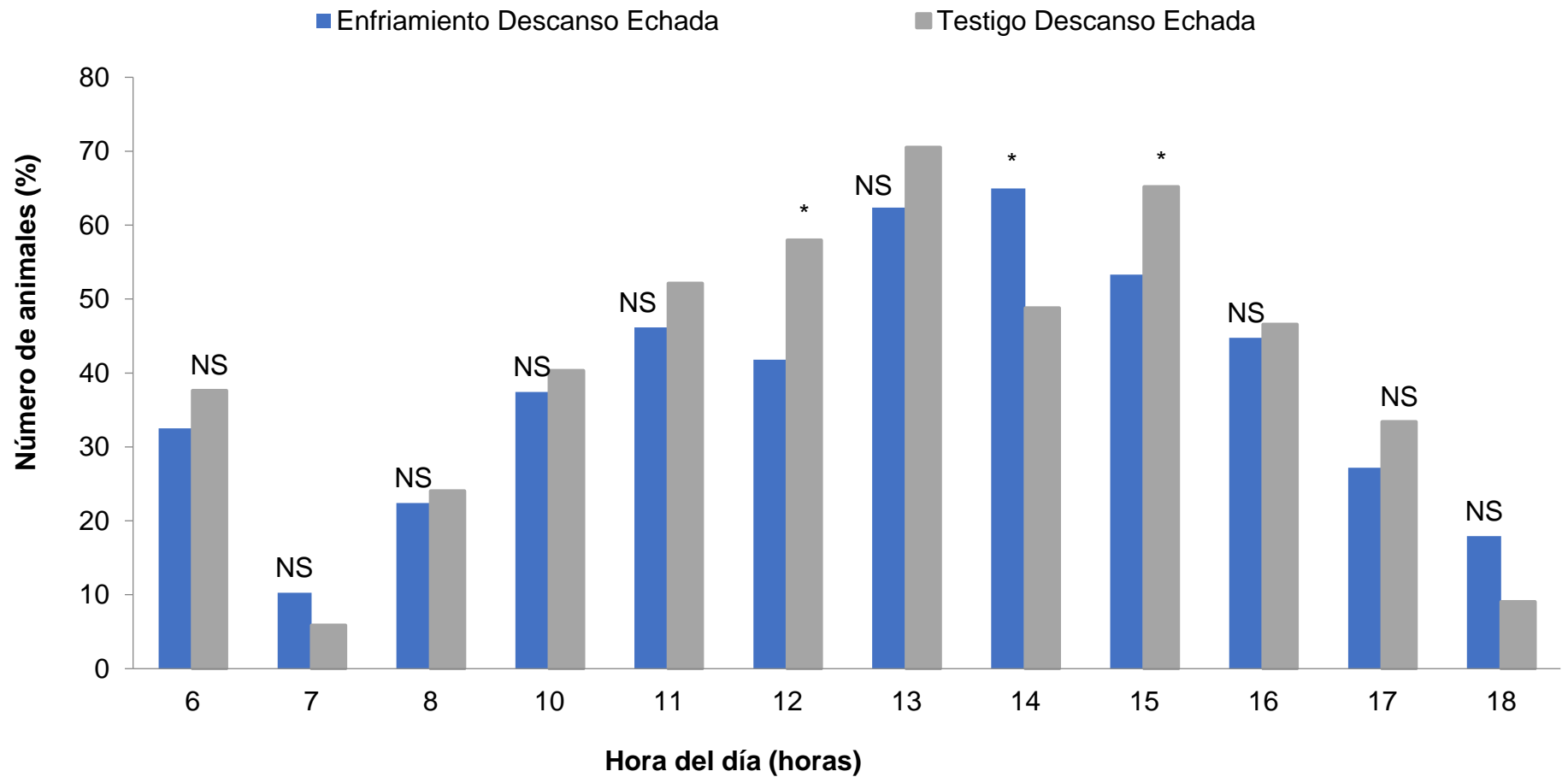


Figura No. 19. Porcentaje de vacas en descanso echadas ConE y SinE por hora del día. *= Significativo ($P < 0.05$). NS=No significativo.

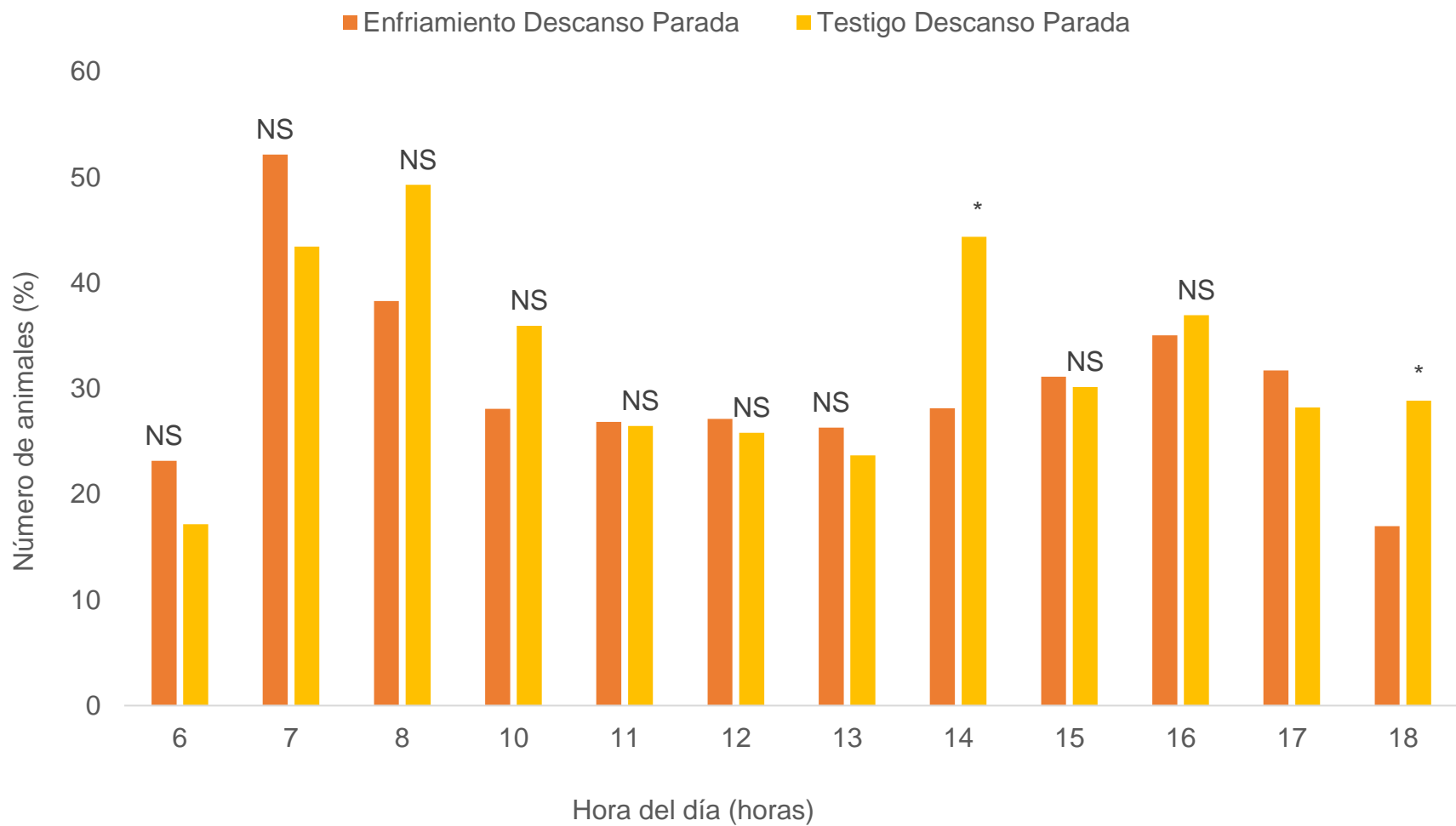


Figura No. 20. Porcentaje de vacas en descanso paradas ConE y SinE por hora del día. *= Significativo ($P < 0.05$). NS=No significativo.

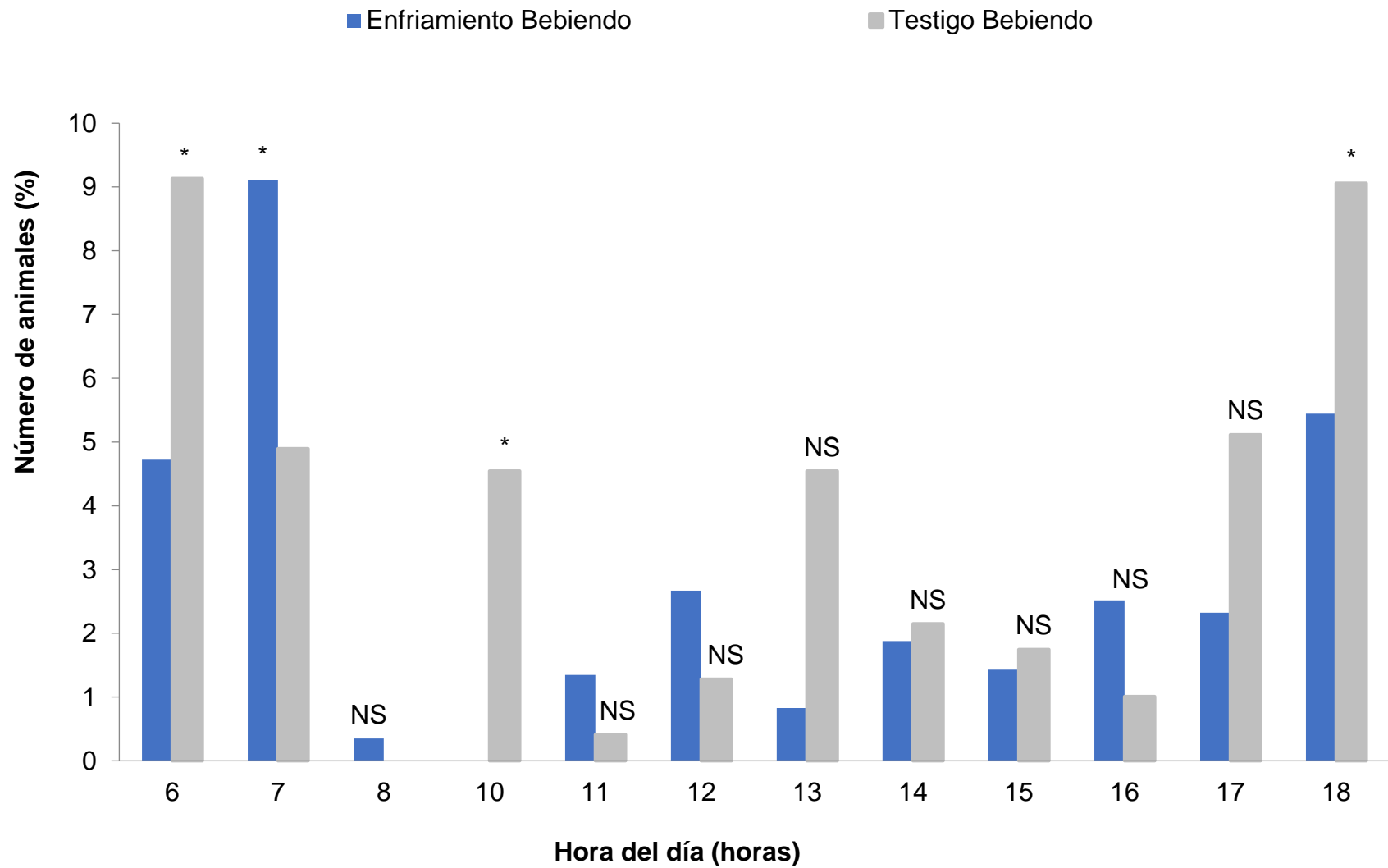


Figura No. 21. Número de vacas bebiendo agua con y sin enfriamiento por hora del día. *= Significativo ($P < 0.05$). NS= No significativo.

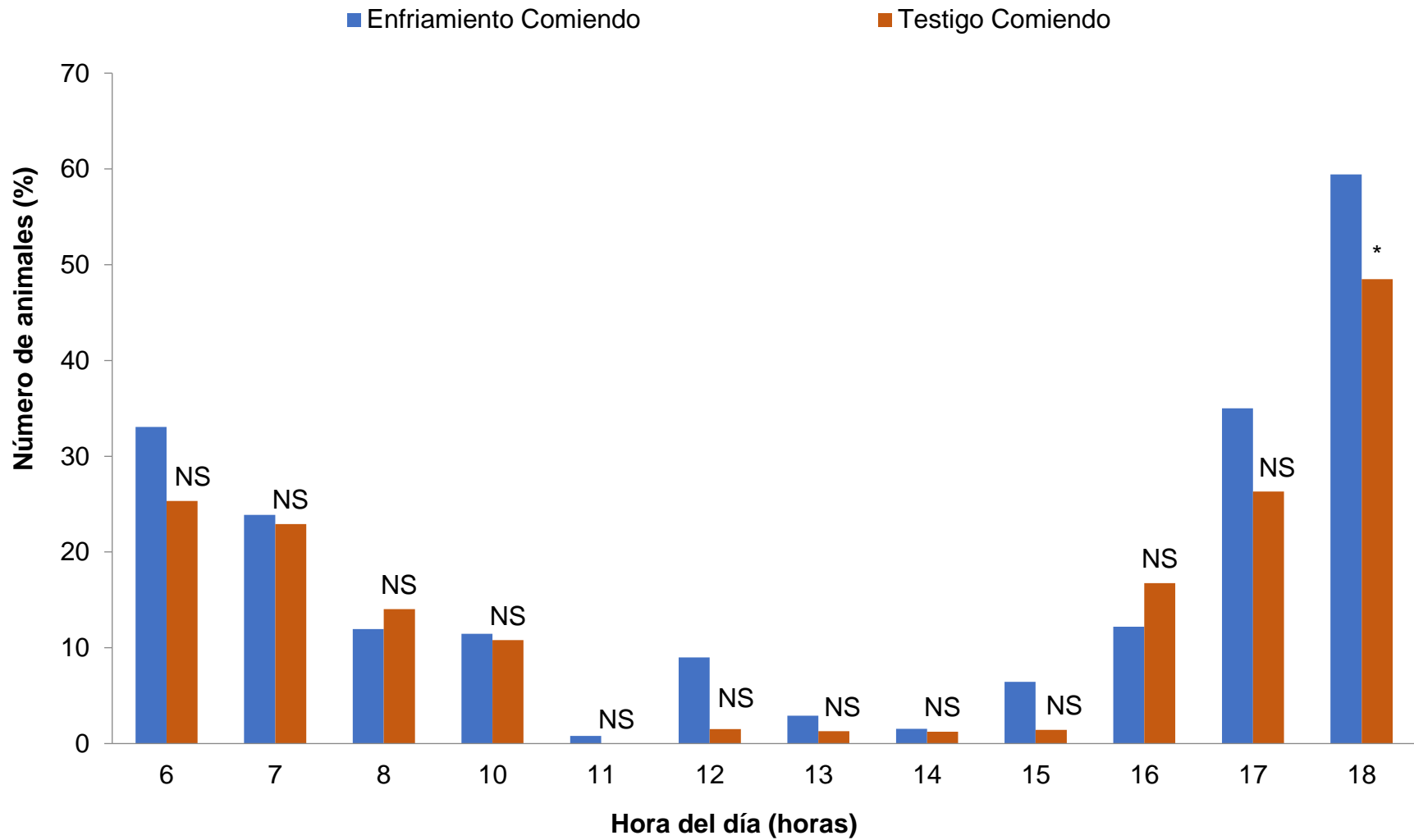


Figura No. 22. Número de vacas comiendo con y sin enfriamiento por hora del día. *= Significativo ($P < 0.05$). NS= No significativo.

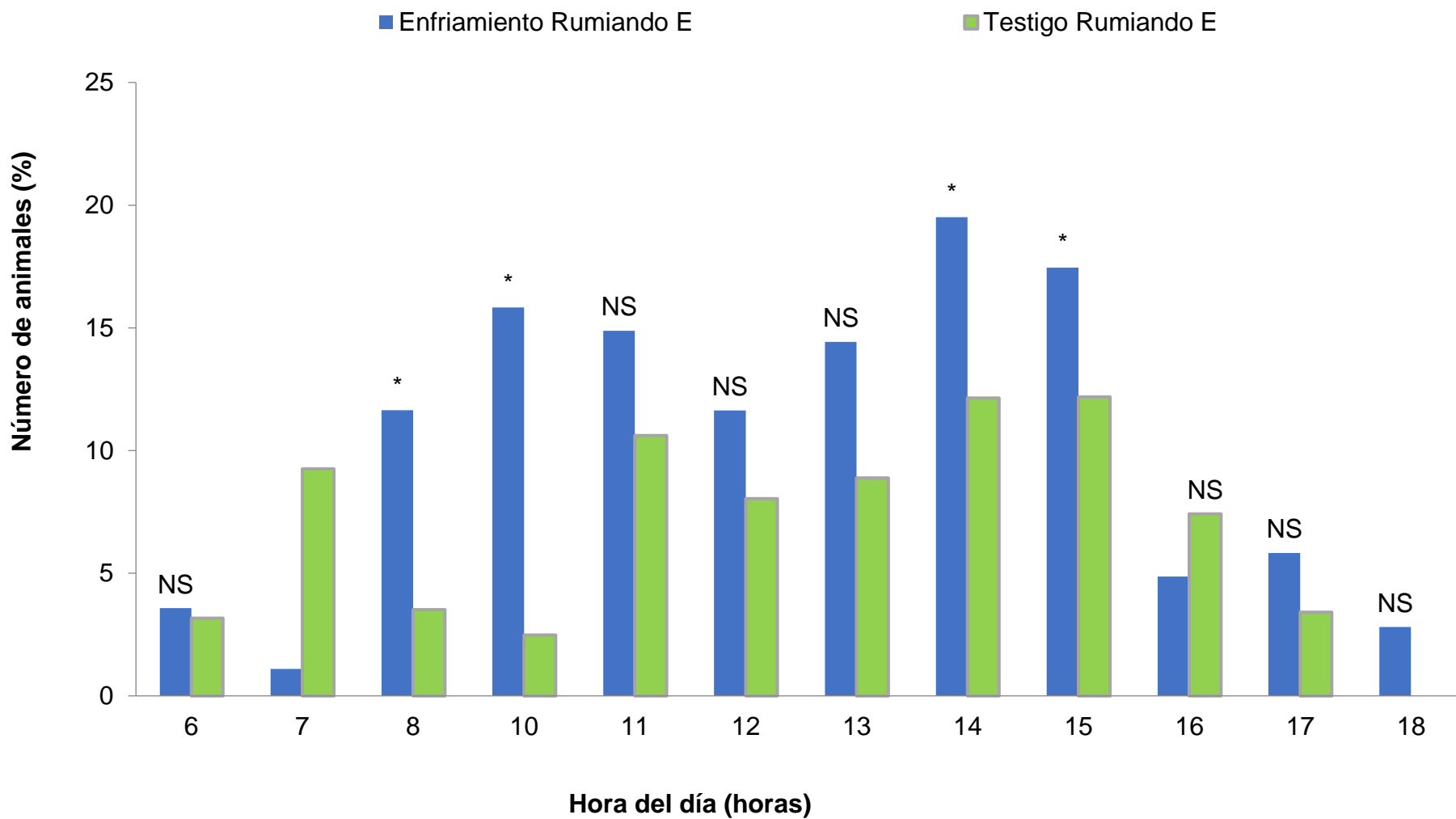


Figura No. 23. Porcentajes de vacas rumiando echadas por hora del día ConE y SinE enfriamiento. *= Significativo (P<0.05). NS= No significativo.

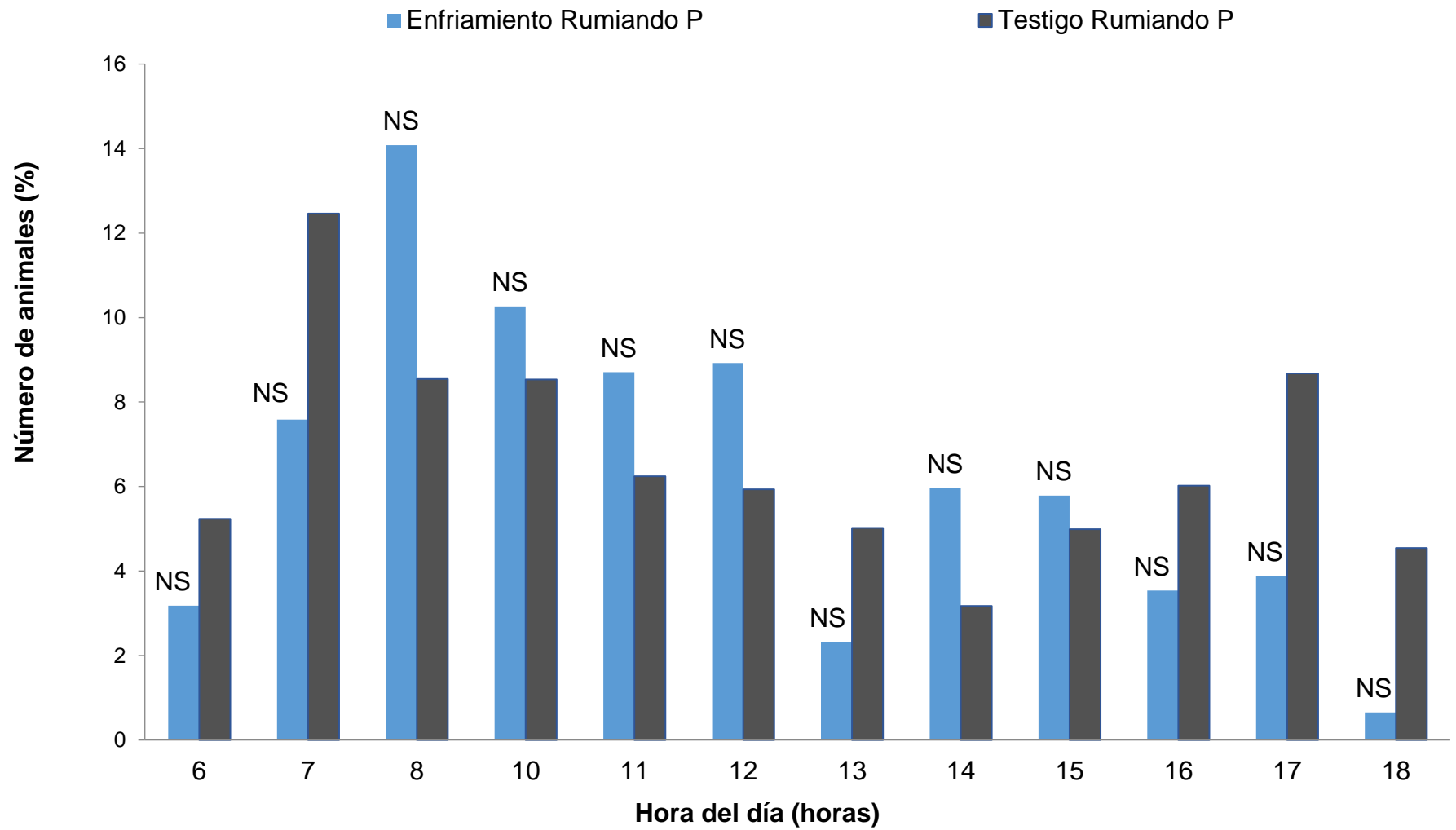


Figura No. 24. Número de vacas rumiando paradas con y sin enfriamiento. *= Significativo ($P < 0.05$). NS= No significativo.

8. CONCLUSIONES

La aplicación de un sistema de enfriamiento durante el periodo seco de las vacas ayuda a minimizar parcialmente los efectos del estrés calórico y promueve el bienestar de las vacas, ya que mejoró el comportamiento de alimentación y descanso produciendo mayores porcentajes de vacas comiendo, rumiando y descansando echadas, actividades de conducta asociadas a un menor estrés, que en vacas sin enfriamiento. Estos resultados sugieren que el enfriamiento de vacas lecheras durante el periodo seco puede contribuir a un mayor rendimiento productivo y reproductivo en su siguiente lactancia.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, J. D., Hall, L. W., & Collier, R. J. (2015). Effect of core body temperature, time of day, and climate conditions on behavioral patterns of lactating dairy cows experiencing mild to moderate heat stress. *J. Dairy Sci.*, 98: 118–127. Disponible en: DOI: 10.3168/jds.2013-7704.
- Angrecka, S. a. (2017). Eligibility of lying boxes at different THI levels in a freestall barn. *Ann. Anim. Sci.*, 7(1): 257–269. Disponible en: DOI: 10.1515/aoas-2016-0053.
- Antanaitis, R., Džermeikaite, K., Bespalovaitė, A., Ribelyte, I., Rutkauskas, A., Japertas, S., & Baumgartner, W. (2023). Assessment of Ruminating, Eating, and Locomotion Behavior during Heat Stress in Dairy Cattle by Using Advanced Technological Monitoring. *Animals*, 13, 2825. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ani13182825>.
- Anzures-Olvera, F., Macías-Cruz, U., Álvarez-Valenzuela, F., Correa-Calderón, A., Díaz-Molina, R., & Hernández-Rivera, J. y.-R. (2015). Efecto de época del año (verano vs invierno) en variables fisiológicas, producción de leche y capacidad antioxidante de vacas Holstein en una zona árida del noroeste de México. *Arch. Med. Vet.*, 47: 15-20. Disponible en: DOI: 10.4067/S0301-732X2015000100004.
- Arias, R. M. (2008). Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Archivos de medicina veterinaria*, 40(1), 7-22. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2008000100002>.

- Armstrong, D. V. (1994). Heat Stress Interaction With Shade and Cooling. *J. Dairy Sci.*, 77(7): 2044-2205. Disponible en: DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(94)77149-6.
- Arnott, A., C., F., & N., O. C. (2017). Review: Welfare of dairy cows in continuously housed and pasture-based production systems. *Animal*, 11: 261–273. Disponible en: Doi:10.1017/S1751731116001336.
- Avendaño-Reyes, L. (2012). Heat Stress Management for Milk Production in Arid Zones. Milk Production-An Up-to-Date Overview of Animal Nutrition. *Management and Health*, 9: 165-184. DOI: 10.5772/51299.
- Avendaño-Reyes, L., Álvarez, V. F., Correa, C. A., Saucedo, Q. J., Rivera, A. F., Verdugo, Z. F., & Aréchiga, F. C. (2007). Evaluación de un sistema de enfriamiento aplicado en el periodo seco de ganado lechero durante el verano. *Tec. Pec. Méx.*, 45(2): 209-225.
- Baumgard, L. H. (2013). Effects of heat stress on postabsorptive metabolism and energetics. *Annu. Rev. Anim. Biosci.*, 1(7): 1-27. Disponible en: DOI: 10.1146/annurev-animal-031412-103644.
- Berman, A. (2019). An overview of heat stress relief with global warming in perspective. *Int. J. Biometeorol*, 63: 493–498. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00484-019-01680-7>.
- Bianca, W. . (1968). Thermoregulation. In: Hafez ES (ed). *Adaptation of Domestic Animals*. Lea & Febiger, Philadelphia, USA, Pp 97-118.
- Brito, M. P. (2012). *Producción bovina de carne*. Obtenido de <https://www.produccion->

animal.com.ar/etologia_y_bienestar/etologia_bovinos/22-
TESIS_etologia.pdf

Collier, R. J., & Dahl, G. E. (2006). Major Advances Associated with Environmental Effects on Dairy Cattle . *J. Dairy Sci.*, 89: 1244–1253.

Correa-Calderón, A. A.-R.-B.-C. (2022). Estrés por calor en ganado lechero con énfasis en la producción de leche y los hábitos de consumo de alimento y agua. Revisión. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 13(2), 488-509. Epub 20 de junio de 2022. Disponible en: <https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i2.5832>.

De Elía, M. (2002). Etología y Comportamiento del Bovino. *Sitio Argentino de la Producción*, Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/etologia_y_bienestar/etologia_bovinos/45-etologia_y_comportamiento.pdf.

de Elia, M. D. (2002). Produccion bovina de carne. *Sitio Argentino de Producción Animal*, Obtenido de https://www.produccion-animal.com.ar/etologia_y_bienestar/etologia_bovinos/45-etologia_y_comportamiento.pdf.

Dikmen, S. a. (2009). Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environmen. *J. Dairy Sci.*, 92: 109–116. Disponible en: DOI: 10.3168/jds.2008-137.

do Amaral, B. C., Connor, E. E., Tao, S., Hayen, J., & Bubolz, J. a. (2009). Heat-stress abatement during the dry period: Does cooling improve transition into lactation? . *J. Dairy Sci.*, 92: 5988–5999. Disponible en: DOI: 10.3168/jds.2009-2343.

do Amaral, B. C., Connor, E. E., Tao, S., Hayen, M. J., & Bubolz, J. W. (2011). Heat stress abatement during the dry period influences metabolic gene expression and improves immune status in the transition period of dairy cows . *J. Dairy Sci.*, 94: 86-96. Disponible en: DOI: 10.3168/jds.2009-3004.

Ezcurra, P. L. (2021). Climate Change and the Baja California Peninsula: A Baja Working Group Report. . *Climate Science Alliance*, Disponible en: <https://www.climate-science-alliance.org/es/2021-baja-report>. Consultado el 14 de nov de 2024.

FAO. (2009). Capacitação para implementar boas práticas de bemestar animal. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)*, 1-59. Disponible en: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/producao-animal/arquivos-publicacoes-bem-estar-animal/capacitacao-para-implementar-boas-praticas-em-bem-estar-animal.pdf>.

Flamenbaum. (2023). Los efectos del estrés por calor y del enfriamiento en la eficiencia alimenticia de las vacas en climas cálidos. *Vaca Pinta*, 06/2023, No:39. 102-122. Disponible en: [vp039_artigo_estres1_cast.pdf](#).

Ganadero, E. (2016). La termoregulación y el bienestar del neonato. *Entorno Ganadero*, No 77:48-51.

García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 5° Edición México, D. F. . *Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México*.

- Gomez, A., & N.B., C. (2010). Time budgets of lactating dairy cattle in commercial freestall herds. *J. Dairy Sci.*, 93: 5772–578. Disponible en: doi:10.3168/jds.2010-3436.
- Hahn, L. (1999). Dynamic Response of Cattle to Thermal Heat Loads. *J. Anim. Sci.*, 51: 10-20.
- Hanušovský, O., Bíro, D., Šimko, M., Gálik, B., Juráček, M., Rolinec, M., & Herkeľ, R. (2017). Drinking regime evaluation with continuous ruminal monitoring boluses. *Actafytotechn. Zootechn.*, , 20: 1–5. Disponible en: DOI: 10.15414/afz.2017.20.01.01-05.
- Hodgson, J. 1. (s.f.).
- IPCC. (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)] IPCC, Geneva, Swit. [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)] IPCC, Geneva, Switzerland. .
- Johnson, H. D., Kibler, H. H., C., R. A., & Berry, I. L. (191). Role of heat tolerance and production level in responses of lactating Holsteins to various temperature-humidity conditions . *J. Dairy Sci.*, 44: 1191.
- Karimi, M. T., Ghorbani, G. R., & Kargar, S. a. (2015). Late-gestation heat stress abatement on performance and behavior of Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 98(10): 6865-6875. DOI: 10.3168/jds.2014-9281.
- Kirchner, M. K., Schulze, W. H., Knierim, U., Tessitore, E., & Cozzi, G. A. (2013). On-farm animal welfare assessment in beef bulls: consistency over time of single measures and aggregated . *Welfare Quality® scores*.

- Leva, P. E. (2017). Evaluación del bienestar en vacas en un sistema de ordeño automatizado durante la época estival: Estudio de caso. Fave. Sección ciencias agrarias. *Revista FAVE - Ciencias Agrarias*, 16(1), 131-140.
- Loera, J. y. (2017). Industria lechera en México: parámetros de la producción de leche y abasto del mercado interno. *Rev. Investig. Altoandín*, 19 (4): 419 – 426. DOI: 10.18271/ria.2017.317.
- Maldonado, E. N. (2002). Fisiopatología y tratamiento de la hipotermia en caninos y felinos. *Rev Col Vet Prov Buen Air.*, 7 (25), 43-46.
- Mejía-Lastra, A. J., Avendaño, R. L., Macías, C. U., Correa, C. A., Olivares, P. J., Camacho, D. L., & Cipriano, S. M. (2022). Cooling Holstein cows and heifers before calving during the summer: behavioral measures related to animal welfare. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 21(1), 1-16. Disponible en: Doi: 10.5154/r.rchsza.2020.11.04.
- Méndez, E. (2022). México bate récord en alza de temperatura. . *Excélsior*. 23 de enero del 2022. , Disponible en: <https://www.excelsior.com.mx/nacional/mexico-bate-record-en-alza-de-temperatura/1494444>. Consultado el 12 de noviembre de 2024.
- Miraglia, D., Larsen, R., García, E., & Arocena, P. (2019). Revisión Bibliográfica sobre la Etología Bovina y su aplicación en producción animal. *Facultad de Ciencias Veterinarias U.N.C.P.B.A, Julio 2019, Tandil*, Disponible en: <https://ridaa.unicen.edu.ar:8443/server/api/core/bitstreams/662c41e3-01c2-472d-83d6-072f566f5982/content> .
- Moretti, R., Biffani, S., Chessa, S., & Bozzi, R. (2017). Heat stress effects on Holstein dairy cows rumination. *Animal*, 11: 2320–2325. Disponible en: <https://doi.org/10.1017/s1751731117001173>.

- Nordlund, K. V., Strassburg, P., Bennett, T. B., & Oetzel, G. R. (2019). Thermodynamics of standing and lying behavior in lactating dairy cows in freestall and parlor holding pens during conditions of heat stress. *J. Dairy Sci.*, 102. Disponible en: DOI: 10.3168/jds.2018-15891.
- Norring, M. E. (2008). Effects of sand and straw bedding on the lying behavior, cleanliness, and hoof and hock injuries of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 91: 570–576. Disponible en: DOI: 10.3168/jds.2007-0452.
- PACC. (2012). *Secretaría de Protección al Ambiente, Programa Estatal de Acción ante el Cambio (PACC-BC)*.
- PEACC-BC. (2012). Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Baja California (PEACC-BC). *Secretaría de Protección al Ambiente. Diciembre del 2012. Baja California, México*, 1-208.
- PICC. (2022). 2021 fue el cuarto año más caluroso en México del que se tenga registro. *Programa de Investigación en Cambio Climático (PICP), Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México. Publicado el 20 de enero de 2022*, Disponible en: <https://www.pincc.unam.mx/2021-fue-el-cuarto-ano-mas-caluroso-en-mexico-del-que-se-tenga-registro/>. Consultado el 14 de noviembre de 2024. .
- Polsky L., v. K. (2017). Invited review: effects of heat stress on dairy cattle welfare. *J. Dairy. Sci.*, 100: 8645–8657.
- Polsky, L. a. (2017).
- Press, J. (18 de mayo de 2018). La Rumia: Herramienta Poderosa de Monitoreo de la Salud y el Cielo. *SCR Engineers. Israel. BM Editores*, Disponible en:

<https://bmeditores.mx/ganaderia/5la-rumia-herramienta-poderosa-de-monitoreo-de-la-salud-y-el-celo-135>.

RAE. (2014). Comportamiento. *Real Academia española (RAE), La 23.^a edición (2014)*, , Consultado el día 07 de noviembre de 2024. Disponible en: <https://dle.rae.es/comportamiento>.

Ramón-Moragues, A., Carulla, P., Mínguez, C., Villagrà, A., & Estellés, F. (2021). Dairy Cows Activity under Heat Stress: A Case Study in Spain. *Animals*, 11, 2305. Disponible: <https://doi.org/10.3390/ani11082305>.

Robledo, R. (2018). Producción de leche en México y el impacto de las importaciones de leche en polvo. En: Perspectivas teóricas, globalización e intervenciones públicas para el desarrollo regional. *Universidad Nacional Autónoma de México y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C, Coeditores, México*, 1-224.

Robledo, R. (2018). Producción de leche en México y el impacto de las importaciones de leche en polvo. En: Perspectivas teóricas, globalización e intervenciones públicas para el desarrollo regional. . *Universidad Nacional Autónoma de México y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C, Coeditores, México.*, 206- 224. Disponible en: https://ru.iiiec.unam.mx/4223/1/2-Vol1_Parte2_Eje2_Cap2-192-Robledo.pdf.

Roca, C. A. (2011). Efecto del estrés calórico en el bienestar animal, una revisión en tiempo de cambio climático. *ESPAMCIENCIA*, , 2(1): 15-23.

SADER. (2024). Descubriendo los Lácteos en México: Una Tradición Nutritiva. *Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). 28 de febrero de 2024*, Disponible en:

<https://www.gob.mx/agricultura/articulos/descubriendo-los-lacteos-en-mexico-una-tradicio>.

Sánchez Mendoza, B. F. (2020). Causas y consecuencias del cambio climático en la producción pecuaria y salud animal. Revisión. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 11(Supl. 2), 126-145. Epub 30 de junio de 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11s2.4742>.

Sarabbi, J., Mota, R. D., Mora, M. P., Islas, F. P., Yañez-Pizaña, A. S., & RoldanSantiago, P. (2016). La termorregulación y el bienestar del Neonato. Morales, B. R., . *Revista Entorno Ganadero*, 12 (77): abril-mayo de 2016, 38-52.

Schauberger G., H. -P. (2020). Efficacy of adaptation measures to alleviate heat stress in confined livestock buildings in temperate climate zones. *Biosyst. Eng.*, , 200: 157–175.

SIAP. (2014). “Panorama de la lechería en México”. *Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SIAP-SAGARPA)*, 1-9. Disponible en: <http://infosiap.siap.gob.mx/opt/boletlech/bboletleche1trim2014.pdf>.

SIAP. (2021). Leche de Bovino, Escenario mensual de productos agroalimentarios,. *Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera, Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural SIAP-SADER*, 11 de marzo de 2021, 1-2. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/621458/Escenario_leche_de_bovino_feb_2021.pdf.

SIAP. (2022). Expectativas Agroalimentarias 2022. *Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera, Ciudad de México 2022*, 1-64. Disponible en:

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/723488/Expectativas_Agroalimentarias_2022.pdf.

SIAP. (2023). PANorama de la lecher eían México. *Servicio de Información Alimentaria y Pesquera (SIAP)*, Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/940824/Panorama_de_la_lecher_a_en_M_xico_2023.pdf.

Silanikove, N. (2000). Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic. *Liv. Prod. Sci.*, , 67: 1-18.

Silanikove, N. (2000). Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livest Prod Sci* , 67, 1-18.

Smith, J. F. (2016). Short communication. Effect of cross ventilation with or without evaporative pads on core body temperature and resting time of lactating cows. . *Journal of Dairy Science* , 99 (2): 1495-1500.

Soriani, N. P. (2013). Rumination time during the summer season and its relationships with metabolic conditions and milk production. *J. Dairy Sci.* 96, 5082–5094. Disponible en: <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6620>.

Spark, W. (2024). El tiempo en Mexicali en verano. *Weather Spark.com.*, Disponible en: https://es.weatherspark.com/s/2211/1/Tiempo-promedio-en-el-verano-en-Mexicali-M%C3%A9xico#google_vignette. Consultado el 05 de noviembre de 2024.

Tao, S. a. (2013). Invited review: Heat stress impacts during the dry period on dry cows and their calves. *J. Dairy Sci.*, 96: 4079-4093. DOI: 10.3168/jds.2012-6278.

- Tao, S., Dahl, G. E., Laporta, J., Bernard, J. K., & Orellana, R. R. (2019). PHYSIOLOGY SYMPOSIUM: Effects of heat stress during late gestation on the dam and its calf. *J. Anim. Sci.*, 97(5): 2245-2257. DOI: 10.1093/jas/skz061.
- Temple, D., Bargo, F., Mainau, E. I., & Manteca, X. (2024). Conducta de descanso y eficiencia productiva de las vacas de leche. *M B editores*. 11 de enero de 2024, Disponible en: <https://bmeditores.mx/ganaderia/conducta-de-descanso-y-eficiencia-productiva-de-las-vacas-de-leche/>.
- Temple, D., Bargo, F., Mainau, E., Ipharraguerre, I., & Manteca, X. (. (2016). Conducta de descanso y eficiencia productiva de las vacas de leche-una visión práctica. *FAWEC*, 1-2. Disponible en: http://www.fawec.org/media/com_lazypdf/pdf/Ficha_Tecnica_FAWEC15_n15_eficiencia_confort_es.pdf. Consultado 12 de julio de 2023. .
- Thom, E. C. (1959). The discomfort index. *Weatherwise*, 12: 57-59.
- Thompson, I. M., Tao, S., Monteiro, A. P., & Jeong, K. C. (2014). Effect of cooling during the dry period on immune response after *Streptococcus uberis* intramammary infection challenge of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 97 (12): 7426-7436.
- Tucker, C. B. (2007). Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in a pasture-based system. *Applied Animal Behaviour Science* , 109(2-4): 141-154.
- Vasconcelos, A., Albuquerque, C., Carvalho, J., Evangelista, F. D., Granja, L. F., & Freitas, S. R. (2019). Adaptive profile of dairy cows in a tropical region. . *J. Therm. Biol.*, 1-9. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00484-019-01797-9>.

- Webster, A. F. (2001). Farm Animal Welfare: the five freedoms and the free market. *The Vetereninary Journal*, 161:229-237.
- West J.W., M. B. (2003). Effects of hot, humid weather on milk temperature, dry matter intake and milk yield of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 86: 232–242. Disponible en: 10.3168/jds.S0022-0302(03)73602-9.
- Worldpanel, K. (2018). Mexicanos empiezan y terminan el día tomando leche. Kantar Worldpanel, 31/05/2018. *Revista del Colegio de Veterinarios de la Provincia de Buenos Aires, Argentina*, Disponible en: Disponible en : revista del Colegio de Veterinarios de la Provincia de Buenos Aires, Argentina.<https://www.kantarworldpanel.com/mx/Noticias-/Dia-de-la-leche#:~:text=Las%20principales%20razones%20por%20las,m%C3%A1s%20consumen%20este%20aliment.>