

# ESTRATEGIAS DE ENFRIAMIENTO DURANTE EL ESTRÉS POR CALOR

Peter J. Hansen<sup>1</sup>, Serdal Dikmen<sup>2</sup>, Miki Sakatani<sup>3</sup> y Geoffrey E. Dahl<sup>1</sup>. 2017. Ganaderia33, BM Editores.

1.-Departamento of Animal Science, University of Florida, P. O. Box 110910, Gainesville, FL 32611-0910; [Hansen@animl.ufl.edu](mailto:Hansen@animl.ufl.edu)

2.-Departamento of Animal Science, Faculty of Veterinary Medicine, University of Uludag, Bursa 16059, Turquía; [serdal@uludag.edu.tr](mailto:serdal@uludag.edu.tr)

3.-Kyushu-Okinawa Agricultural Research Center, National Agriculture and Food Research Organization, Kumamoto, Japón; [msaka@affrc.go.jp](mailto:msaka@affrc.go.jp)  
[www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)

[Volver a: Clima, adaptación, aclimatación, estrés](#)

## INTRODUCCIÓN

El estrés por calor (EC) puede ser considerado como la suma de todas las fuerzas que actúan sobre la vaca para aumentar la temperatura corporal sobre los límites normales. Es difícil para una vaca lechera en un ambiente caluroso alcanzar su más alto potencial de producción de leche o fertilidad. Los ajustes fisiológicos que ésta realiza para prevenir un alza en su temperatura corporal durante el EC ayudan a prevenir la muerte por postración por calor pero también reduce la productividad. Por ejemplo, las vacas expuestas a EC sufren una reducción en del apetito. La ventaja para la vaca es que su producción interna de calor se reduce y la regulación de su temperatura corporal se vuelve más fácil. La desventaja al productor consiste en una reducción de la producción de leche a consecuencia de la reducción del apetito por el EC. El aumento en la temperatura corporal que ocurre durante el estrés por calor compromete de por sí la productividad. Esto es particularmente cierto para la fertilidad porque el embrión en sus primeros 3 días de edad no es capaz de desarrollarse cuando la temperatura corporal se eleva a 104oF (40oC).

La manera más común de reducir los efectos del EC en la vaca lechera es cambiando el ambiente de la vaca para reducir la magnitud de las fuerzas del estrés. La meta debe ser minimizar la elevación en temperatura corporal causada por el estrés para que la vaca no necesite emplear ajustes fisiológicos que comprometen la producción o que pueda sentir temperaturas internas que afecten adversamente las funciones corporales.

En esta publicación, estaremos discutiendo cuatro temas:

1. Entender los mecanismos que usan las vacas para ajustar su temperatura interna como base para cambios en el alojamiento para minimizar la hipertermia durante el EC,
2. Como se mide el EC con el propósito de evaluar la efectividad de las estrategias de enfriamiento,
3. La importancia de enfriar animales en el horro (secado), y
4. Nuevas ideas sobre el enfriamiento de vacas.

## REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA INTERNA Y SUS IMPLICACIONES PARA EL ENFRIAMIENTO DE VACAS

Una manera de entender la producción de calor de una vaca es asemejarla a una caldera (**Figura 1**). Ésta quema combustible (en el caso de la vaca, carbohidratos, grasas, y proteínas que son movilizadas de reservas corporales y que originalmente proceden de los alimentos) y el calor producido se pierde al ambiente. La vaca, como cualquier otro animal de sangre caliente, intenta igualar la cantidad de calor producido con el que se pierde en el ambiente para que la temperatura interna permanezca constante. En el ganado, el termostato corporal está fijado a cerca de 100.9o – 101.5oF (38.3 – 38.6oC). Cuando hace frío, la vaca puede aumentar su producción de calor y disminuir el calor que se pierde al ambiente para así prevenir una reducción en temperatura interna. Sin embargo, cuando hace calor, la vaca puede aumentar el calor que se pierde al ambiente pero su habilidad de reducir la producción de calor es limitada excepto aquellas reducciones causadas por una reducción en el consumo voluntario. Como resultado, las vacas expuestas al EC muchas veces sufren aumentos en la temperatura interna (hipertermia).

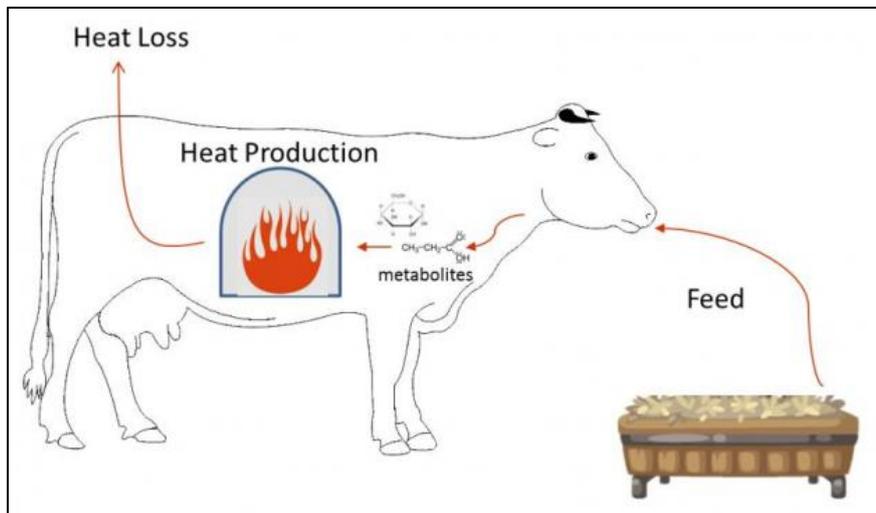


Figura 1. La vaca es una caldera. Quema combustible en forma de metabolitos producidos por los alimentos y utiliza parte de la energía en el combustible para realizar trabajos tales como síntesis de leche, crecimiento muscular, etc. El calor liberado de la utilización de metabolitos se pierde en el ambiente. Cuando el estrés por calor es un problema, la vaca no puede perder todo el calor del metabolismo al ambiente y aumenta la temperatura del cuerpo.

Es muy difícil para la vaca lechera en lactación ajustar exitosamente su temperatura interna durante el EC porque la lactación provoca un aumento significativo en la producción de calor que no puede ser disipado fácilmente al ambiente. Esta idea es ilustrada por datos experimentales donde se midió la temperatura rectal en relación a la temperatura bulbo-seco (temperatura del aire) en Wisconsin (Sartori et al., 2002). En un número de temperaturas bulbo-seco características del EC, vacas en lactancia experimentaron hipertermia mientras que las novillas no. Por ejemplo, una vaca lactante expuesta a una temperatura bulbo-seco de 77oF (25oC) promedió una temperatura rectal de 102.4oF (39.1oC) mientras que la novilla expuesta a la misma temperatura bulbo-seco tuvo una temperatura interna de 101oF (38.4oC).

El calor es intercambiado entre la vaca y el ambiente por dos mecanismos (ver Cuadro 1). Mecanismos sensibles de pérdida de calor como conducción, convección y radiación ocurren a una velocidad que depende de la magnitud del gradiente entre la temperatura de la superficie del animal y la temperatura del objeto o medio en el ambiente en el cual el animal intercambia su energía. Asuma, por ejemplo, que la temperatura de la piel de una vaca es 86oF (30oC). Al aumentar la temperatura bulbo-seco de 80oF a 84oF, la vaca perdería menos calor al aire por conducción y convección. A una temperatura bulbo-seco de 90oF, la vaca tendría una ganancia neta de calor del aire.

Como demuestra ese ejemplo, los mecanismos sensibles de pérdida de calor se vuelven inefectivos al disminuir el gradiente entre la temperatura ambiente y la de la vaca. Ante esta situación, predomina otro mecanismo llamado pérdida de calor latente. La pérdida de calor latente se refiere al calor asociado a la evaporación de agua. Para una vaca, el agua se evapora cuando se produce en la piel como resultado de la transpiración (sudar), lluvia, inmersión en agua, etc. o cuando una bocanada de aire entra al tracto respiratorio y es humedecido. La conversión de agua de su fase líquida a una gaseosa requiere grandes cantidades de calor. Se necesita 500 veces más cantidad de calor para evaporar una onza de agua que lo que se necesita para elevar la temperatura del agua un 1oF. Por lo tanto, la vaca en EC aumenta sus tasas de transpiración y de respiración para perder calor por evaporación.

La pérdida de calor latente no depende directamente de la temperatura bulbo-seco pero sí depende de la humedad relativa del aire que la rodea. A una humedad muy alta, se pierde muy poco calor sudando y jadeando. Cuando una vaca se expone a una combinación de alta temperatura del aire y un ambiente húmedo, su habilidad de perder calor metabólico se compromete seriamente.

Se han hecho varios intentos de utilizar la física de intercambio de calor para incrementar la habilidad de la vaca de perder calor al ambiente que se resumen en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Modos de intercambio de calor entre el Ganado y el ambiente que lo rodea.

Modo de pérdida de calor	Naturaleza de intercambio de calor	Factores ambientales que determinan la velocidad de intercambio de calor	Modificaciones de las instalaciones para aumentar la pérdida de calor de la vaca
<b>Conducción</b>	Calor transferido de una sustancia caliente a una sustancia fría sin el movimiento de las sustancias; ejemplos son de la vaca al aire o de la vaca al piso.	Temperatura bulbo-seco, temperatura de la superficie del material utilizado para descanso, conductividad de los materiales inter-cambiando calor.	Acondicionador de aire, incluyendo evaporación del agua hacia el aire; enfriamiento del pesebre.
<b>Convección</b>	Transferencia de calor de una sustancia caliente a una sustancia fría donde las sustancias se mueven; un ejemplo es de la vaca al viento.	Temperatura bulbo-seco, velocidad del viento, conductividad de los materiales intercambiando calor.	Acondicionadores de aire y la introducción de ventiladores.
<b>Radiación</b>	Absorción de radiación electromagnética de la superficie de un objeto; ejemplos son intercambio de energía radiante entre la vaca y el sol o entre la vaca y objetos como pisos, techos, árboles, etc.	Temperatura de superficie, sombra, nubosidad del cielo nocturno.	Sombra, acceso al aire libre.
<b>Evaporación</b>	El requisito de calor para convertir agua líquida a agua gaseosa. Ejemplos incluyen transpiración, mojado de la piel por comportamiento y respiración.	Humedad del aire, velocidad del viento, precipitación.	Aspersores, empapadores, atomizadores y lagunas de enfriamiento.

La pérdida de calor por conducción y convección depende de la temperatura del aire y la pérdida de calor por estas modalidades puede aumentar bajando la temperatura del aire. Una manera práctica de hacer esto es forzar el aire a moverse a través de una fuente de agua. La pérdida de calor del aire cuando el agua se evapora provoca una baja en la temperatura del aire. Este es el fundamento detrás de los ventiladores junto con aspersores. La pérdida de calor por convección envuelve la transferencia de calor a un medio que se mueve más allá del animal. La instalación de ventiladores para aumentar la velocidad del viento puede ser una manera efectiva de aumentar la pérdida de calor por convección. Sin embargo, cuando la temperatura del aire es muy alta, el sólo aumentar la velocidad del viento es inefectivo porque el gradiente entre la temperatura de la vaca y la temperatura del aire es baja.

La radiación se refiere al intercambio de calor cuando la radiación electromagnética (luz) se emite desde un objeto y es absorbido por otro. Es a través de la radiación que la energía del sol alcanza la tierra. Cualquier objeto con una temperatura más alta de cero absoluto produce radiación. Por lo tanto, las vacas pierden calor a través de la radiación de la misma manera que ganan calor de radiación. El factor predominante que determina la radiación en los sistemas de albergue de ganado es la sombra utilizada para minimizar la radiación solar. Un suministro adecuado de sombra es fundamental para reducir la magnitud del EC y una solución simple como la malla de sombra no es adecuada para reducir completamente el calor adquirido a través de la radiación solar.

Por la noche, las vacas sufren una pérdida neta de calor a través de radiación, ya sea al techo del establo o al cielo (nubes u objetos en el espacio). Hay que mantener en perspectiva que una vaca que se encuentra en un establo de noche enfriará menos efectivamente que una vaca que se encuentre afuera debido a que la cantidad de intercambio de calor radiante se verá reducida. De igual manera, una vaca que se encuentre a la intemperie de noche va a perder menos calor en un cielo nublado que en uno claro porque las nubes tienen una temperatura más cálida que los objetos en el espacio exterior.

El mojar las vacas a través de aspersores, empapadores o lagunas de enfriamiento puede ser un método efectivo de enfriarlas, particularmente cuando el gradiente entre la temperatura de la superficie de la vaca y la temperatura del aire es pequeño. El mojado no solamente aumenta la pérdida de calor por evaporación sino que también

aumenta dramáticamente la pérdida de calor por conducción. El calor es conducido a través del agua 22 veces más efectivamente que en el aire, por lo tanto, cuando la vaca se moja, aumenta el intercambio de calor por conducción de la piel.

### COMO MEDIR EL ESTRÉS POR CALOR

La mayoría de las lecherías en regiones cálidas del mundo han instalado algunos alojamientos para minimizar el EC. Lo que casi nunca se conoce, sin embargo, es el grado de EC que sufren las vacas o la efectividad del alojamiento para minimizar el estrés. Afortunadamente, no es muy difícil evaluar los sistemas de enfriamiento existentes.

### ÍNDICE TEMPERATURA HUMEDAD (ITH)

El ITH es una fórmula matemática basada en la temperatura bulbo-seco y la humedad que se usa como un estimado de la magnitud del EC que afecta una vaca. El ITH más comúnmente utilizado se calcula de la siguiente manera:

$$Tdb - (0.55 - (0.55 * RH / 100)) * (Tdb - 58)$$

donde Tbs = la temperatura bulbo-seco en o F y HR = la humedad relativa.

A través del análisis de ocho estudios de vacas en lactancia en cámaras ambientales, Zimbelman et al. (2009) estimaron que la producción de leche comienza a disminuir cuando vacas de alta producción son expuestas a un ITH de 65 o mayor. Estos autores recomendaron que las estrategias de enfriamiento deben iniciarse a un ITH promedio de 68 para minimizar la pérdida de leche a causa del EC. En otro trabajo donde se analizaron los registros de varias fincas, se observó que la disminución en producción de leche ocurre cuando el ITH es de 70 o mayor (Ravagnolo et al., 2000). Hay que notar que en ambos estudios, la producción de leche fue afectada por el EC a un ITH más bajo que el valor de 72, comúnmente considerado como el umbral para el EC. Es probable que el aumento en producción de leche en los últimos 30-40 años haya aumentado la sensibilidad de la vaca al EC.

Un análisis de la tasa de no-retorno a los 45 días luego de la inseminación indicó que el EC se vuelve perjudicial a un ITH mayor a 70 para vacas en Georgia y Florida y a un ITH mayor a 76 para vacas en Tennessee (Ravagnolo y Misztal, 2002)

### TEMPERATURA CORPORAL

La precisión del ITH para el estimado de la magnitud del EC es limitada por el hecho de que el ITH no es afectado mucho por la cantidad de sombra, ventilación forzada, y el enfriamiento evaporativo provisto a las vacas. En un estudio en Florida donde las vacas fueron manejadas en "freestalls" con ventiladores y aspersores, las temperaturas corporales promedio de las vacas no aumentaron sobre lo normal hasta que las vacas experimentaron temperaturas bulbo-seco e índices de temperatura-humedad muy por encima de lo que usualmente se considera característico de EC (**Cuadro 2**). Probablemente, las vacas fueron enfriadas más de lo que indicó el ITH y estaban también algo adaptadas al EC porque estuvieron crónicamente expuestas a él. Otro problema con el ITH es que no es muy útil para identificar cuales actividades y rutinas diarias hacen susceptible a las vacas al EC (holgazanear, corral de espera, sala de ordeño, etc.).

**Cuadro 2.** Promedios de Temperatura bulbo-seco e ITH para vacas Holstein en lactancia experimentando varias temperaturas rectales en la tarde.ab

Temperatura rectal	Temperatura bulbo-seco, oF (oC)	Índice temperatura-humedad
101.3 oF (38.5 oC)	83.1oF (28.4 oC)	78.2
102.2 oF (39.0 oC)	85.5oF (29.7 oC)	79.6
103.1 oF (39.5 oC)	88.5oF (31.4 oC)	81.5
104.0 oF (40.0 oC)	89.0oF (32.2 oC)	82.3
104.9 oF (40.5 oC)	93.4oF (34.1 oC)	83.6
105.8 oF (41.0 oC)	95.4oF (35.2 oC)	84.6

- a Los datos son los promedios de temperatura bulbo-seco y de índices de temperatura-humedad de vacas experimentando las temperaturas rectales en la columna de la izquierda. La temperatura rectal fue medida desde las 3:00 – 5:00 PM en vacas albergadas en freestalls con ventiladores y aspersores. El índice de temperatura-humedad fue calculado de medidas tomadas en el establo cerca de las vacas.
- b Los datos son de Dikmen y Hansen (2009).

La temperatura rectal es mejor pronosticador de producción de leche durante el EC que el ITH (Zimbelman et al., 2009). Una buena regla general es que las vacas que sufren temperaturas rectales de 102.2oF en la tarde están en riesgo de una reducción en la producción de leche y fertilidad. Esta recomendación se basa en resultados de dos experimentos con vacas en lactancia. En uno de los estudios (Zimbelman et al., 2009) la producción de leche se redujo cuando las temperaturas rectales alcanzaron 102.2oF (39oC). En el otro (Gwazdauskas et al., 1973), la tasa de concepción se redujo de 6.9% a 12.8 % por cada aumento de 0.9oF (0.5oC) en la temperatura uterina sobre la temperatura promedio de 100.9 – 101.5oF (38.3 – 38.6oC). Debido a que la temperatura rectal es cerca de 0.2oC más baja que la temperatura uterina (Gwazdauskas et al., 1973), se puede estimar que la fertilidad se redujo cuando la temperatura rectal alcanzó cerca de los 102.2oF (39oC)

Es muy fácil medir la temperatura corporal. La manera más simple es utilizar cualquiera de varios termómetros rectales que se encuentran comercialmente disponibles. Las mediciones deben ser tomadas en la tarde (3:00 a 5:00 PM) cuando es más probable que las vacas estén sufriendo temperaturas corporales elevadas. El termómetro debe ser colocado en el recto por espacio de un minuto para permitirle tiempo al instrumento a que se estabilice. Mientras se espera que las medidas de temperatura se estabilicen, también es fácil medir la tasa respiratoria contando el número de movimientos del flanco de la vaca por 30 segundos y multiplicando por 2. Una tasa respiratoria de 60 respiraciones por minuto o más es indicativa que la vaca está sufriendo EC.

Avances en la tecnología de computadoras ha hecho muy fácil medir temperatura corporal de forma continua lo que permite identificar la hora del día y la rutinas de la vaca asociadas a la habilidad reducida de regular su temperatura corporal. La vagina es una localización fácil en la vaca para monitorear temperatura corporal a través de la fácil inserción y anclaje utilizando monitores electrónicos fijados a un dispositivo intravaginal inerte (CIDR). Hay que mantener en perspectiva que se ha reportado que la temperatura vaginal es aproximadamente 0.2 a 0.4oF (0.1 – 0.2oC) más alta que la temperatura rectal (Burfeind et al., 2011).

Nosotros monitoreamos la temperatura vaginal con un aparato reutilizable llamado Thermocron® iButton de Maxim en Sunnyvale, CA que se vende a \$25 cada uno. Estos chips de computadora revestidos de acero inoxidable tienen un reloj interno a tiempo real y un número de identificación, miden y registran temperaturas a intervalos calibrados por el usuario de 1 a 255 minutos. Los datos pueden ser transferidos al tocar el iButton a un aparato de interfase conectado a una computadora personal. El iButton encaja firmemente en un espacio hueco en el centro del dispositivo CIDR (ver **Figura 2**). Un ejemplo representativo de datos recolectados utilizando el iButton se observa en la **Figura 3**. Los datos son de dos vacas no-lactantes, no-preñadas, una albergada en un "freestall" equipado con ventiladores y aspersores y la otra albergada en un predio con mala de sombra.



Figura 2. El iButton y su agarre al CIDR inerte. Notar que una ranura ha sido cortada en el centro del CIDR. El iButton se coloca de lado en la ranura y es fijado en sitio con un sellador de silicón. Luego de su remoción de la vaca, los datos pueden ser transferidos a la computadora y el iButton reutilizado

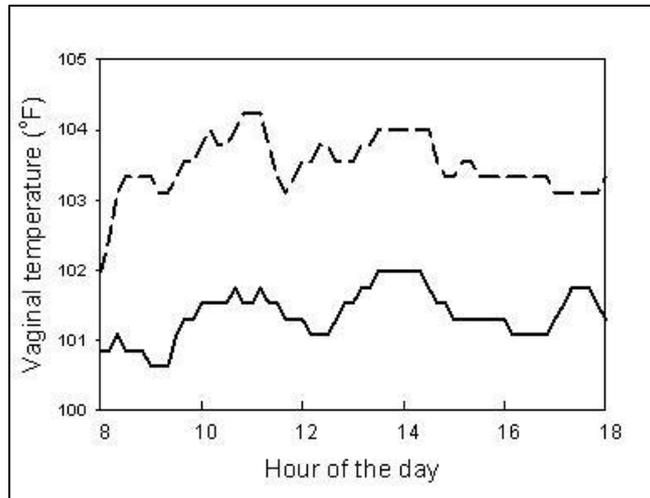


Figura 3. Ejemplos de datos de temperatura vaginal tomados usando el iButton fijado a un CIDR. Las líneas representan datos tomados cada 10 minutos desde las 8:00 AM a las 6:00 PM de dos vacas no-lactantes, no-preñadas durante EC. Una vaca (línea sólida) fue albergada en un “freestall” con ventiladores y aspersores mientras que la otra (línea entrecortada) fue movida a 8:00 AM del establo a un predio con malla de sombra.

La colocación de aparatos de registrar temperaturas como el iButton en vacas centinelas puede aumentar la efectividad del manejo para el EC suministrando información de cuan bien las vacas regulan la temperatura corporal durante el día. En la Figura 4 se muestran datos de temperatura vaginal promedio registrados durante el verano de vacas en lactancia en una vaquería que utiliza pastoreo en Florida.

Se pueden derivar varias conclusiones que no pueden ser hechas con medidas de ITH o con temperaturas rectales de la tarde:

1. Las vacas están hipertérmicas casi de continuo y hay un solo periodo corto luego del ordeño por la mañana donde las vacas experimentan temperaturas vaginales normales.
2. El enfriamiento que se provee en el área de espera y en la sala de ordeño fue efectivo en reducir la temperatura vaginal en la mañana y, en un menor grado, por la tarde.
3. Mientras que las temperaturas vaginales aumentaron durante el día, éstas no aumentaron más que las temperaturas vaginales por la noche, lo que sugiere que las vacas rociadas con un irrigador tuvieron acceso a algún tipo de enfriamiento. Basado en estas observaciones, es muy probable que la incorporación de estrategias de mitigación de calor adicionales, incluyendo la provisión de enfriamiento por la noche, aumentaría el rendimiento de las vacas.

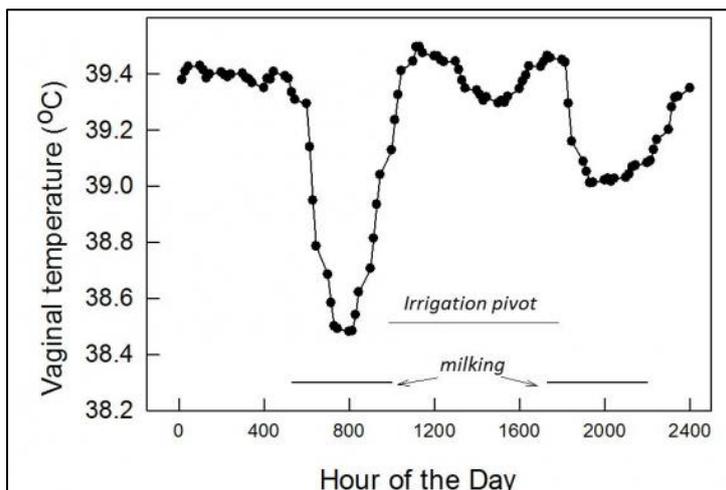


Figura 4. Variación diaria en temperatura vaginal promedio durante EC para vacas Holstein en lactancia mantenidas en pastoreo. Mientras permanecían en la sala de espera, las vacas eran enfriadas con aspersores. Datos de Dikmen et al. (2009).

### TASAS VERANO:INVIERNO

En Israel, los productores evalúan la efectividad de los sistemas de enfriamiento de vacas evaluando la tasa verano:invierno de producción de leche o la tasa de concepción. Estas tasas las calcula el Ministerio de Agricultura en cooperación con la Asociación de Productores de Ganado de Israel.

La efectividad de la tasa verano:invierno para evaluar la efectividad de los sistemas de enfriamiento para mejorar la fertilidad se ilustra en el **Cuadro 3**. Se categorizaron un total de 22 hatos israelitas basados en la producción de leche en el invierno del año previo y en cuanto a la intensidad de enfriamiento. Los hatos con enfriamiento intensivo manejaron las vacas para que fueran expuestas a 10 sesiones de enfriamiento por día. En cada sesión, las vacas fueron mojadas extensivamente y luego expuestas a ventilación forzada. Las vacas en los hatos con enfriamiento moderado fueron enfriadas por remojo y ventilación forzada sólo cuando permanecían en la sala de espera antes de cada ordeño (3X). Independiente del sistema de enfriamiento, las vacas tuvieron menor fertilidad cuando fueron inseminadas en el verano que cuando fueron inseminadas en el invierno. Sin embargo, la reducción en la fertilidad en el verano fue menor para aquellos hatos en donde se utilizó el enfriamiento intensivo comparado con los hatos donde se usó enfriamiento moderado.

Aunque no aparece en el cuadro, la tasa verano:invierno de producción de leche corregida económicamente (una medida de producción israelita) varió de 0.96 a 1.03 para vacas enfriadas intensivamente contra 0.84 a 0.90 para vacas enfriadas moderadamente. Estos datos muestran el hecho que la reproducción es mas sensible al EC que la lactación.

**Cuadro 3.** Tasas de Verano a Invierno para las tasas de concepción en hatos israelitas afectados por nivel de producción e intensidad de enfriamiento.a

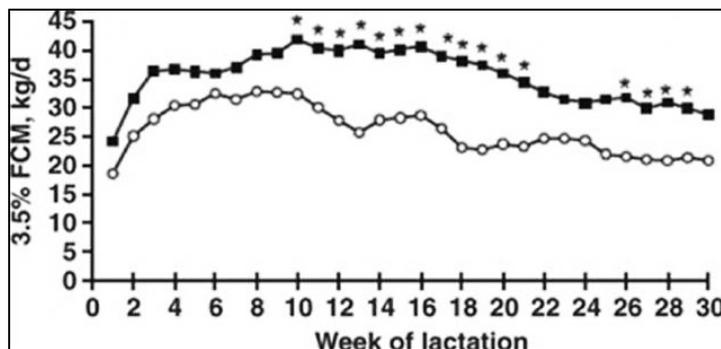
	Alta producción		Baja producción	
	Enfriamiento intensivo	Enfriamiento moderado	Enfriamiento intensivo	Enfriamiento moderado
Tasa de concepción, invierno, %	39	39	40	39
Tasa de concepción, verano, %	19	12	25	3
Tasa Verano:Invierno	0.49	0.31	0.62	0.08

Actualmente, la tasa verano:invierno puede ser calculada individualmente por productores y debe probar ser efectiva para estudiar la efectividad de la mitigación del EC. Estimaciones de alta precisión de la tasa requerirán ajustes estadísticos sofisticados de los datos para corregir variaciones estacionales de la paridad, etapa de lactancia, etc. Como parte de la subvención del USDA que apoya esta conferencia, se están realizando esfuerzos para desarrollar procedimientos para calcular las tasas de verano:invierno para lecherías en los Estados Unidos.

### NO SE OLVIDEN DE NOVILLAS Y VACAS HORRAS (SECAS)

Como se mencionó anteriormente, vacas en lactancia son más propensas a hipertermia cuando se exponen al EC que vacas horras y novillas. Esto no significa que se debe minimizar los esfuerzos de mitigar el EC en los animales no-lactantes. Las novillas pueden volverse hipertérmicas durante el EC y, cuando eso pasa, proveer algún tipo de enfriamiento mejora la fertilidad (Moghaddam et al., 2009). El monitoreo de la temperatura rectal o vaginal puede proveer señales si el albergue es el adecuado para prevenir el EC. Aún los becerros pueden sufrir de EC: becerros criados en jaulas demostraron un crecimiento más lento cuando nacieron en periodos de EC (Broucek et al., 2009). El suministro de algo tan simple como sombra probablemente mejore la salud y el desempeño de novillas en crecimiento y un enfriamiento más intenso quizás sea provechoso. Nuevamente, la medida de temperatura corporal puede ser un diagnóstico importante.

El enfriamiento de vacas horras puede rendir beneficios que se extienden hasta la lactancia. Una de las consecuencias del EC a fines de la gestación es que la función coriónica se vuelve comprometida, como por ejemplo la secreción de hormonas como el lactógeno de la placenta, que se encarga de preparar la glándula mamaria para la próxima lactación, que se ve reducida. No es sorprendente entonces que el enfriamiento de vacas durante su periodo horro puede aumentar la producción de leche en su lactancia subsiguiente. En un experimento reciente en Florida (Amaral et al., 2009), el albergar vacas horras en un establo con ventiladores y aspersores aumentó la producción de leche subsiguiente en 16.5 lb/día (74.3 lb/día vs. 57.8 lb/día) comparado con vacas albergadas en un establo similar sin los ventiladores y aspersores (ver **Figura 5**).



**Figura 5.** Efecto de enfriar vacas durante el periodo horro (de 46 días antes de fecha esperada de parto) en producción de leche subsiguiente. El eje “y” es leche corregida al 3.5% de grasa. La línea con círculos sólidos representa las vacas enfriadas en establos con ventiladores y aspersores y la línea con círculos abiertos representa vacas albergadas en “freestalls” sin ventiladores y aspersores. Los asteriscos indican diferencias significativas entre grupos. Los datos son de do Amaral et al. (2009).

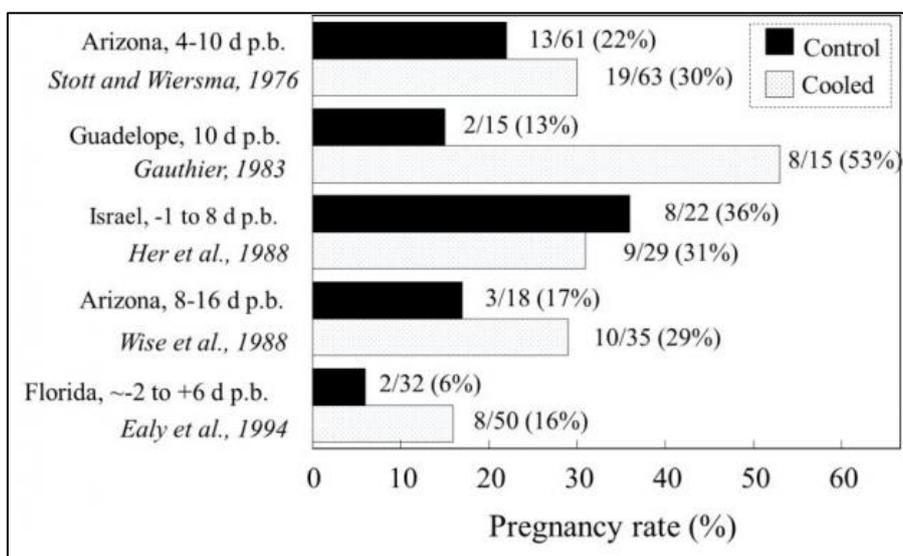
### ENFRIAMIENTO ESTRATÉGICO

Una de las dificultades en preñar las vacas en verano es que muchos de los eventos necesarios para el establecimiento de la preñez pueden ser comprometidos por el EC.

1. El folículo que ovula hoy comenzó a crecer 3-4 meses antes; el EC puede afectar ese folículo por lo menos en los últimos 26 días de su crecimiento.
2. El EC también perjudica al ovocito una vez ha sido liberado del folículo durante la ovulación.
3. El embrión de etapa temprana también es sensible al EC hasta cerca del día 3 de la gestación cuando se vuelve resistente a la hipertermia materna.

Lo que esto significa es que no se pueden resolver los efectos del EC limitando la inseminación a la parte más fresca del día. Al momento de la inseminación, el folículo ya ha sido perjudicado. Más aún, si ocurre la concepción, el embrión que se forma será susceptible al EC en los primeros dos a tres días de la gestación.

No obstante, se puede reducir la magnitud de los efectos del EC sobre la fertilidad proveyendo enfriamiento por algunos días alrededor de la ovulación (**Figura 6**). Por lo tanto, bajo situaciones donde no es factible proveer enfriamiento intensivo a través de la lechería (por ejemplo, en lecherías en pastoreo), puede ser ventajoso enfriar vacas sujetas a protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo desde 3 días antes de la inseminación (cuando las vacas en el protocolo Ovsynch reciben prostaglandina), hasta 3-4 días luego de la inseminación.



**Figura 6.** Efectividad de proveer enfriamiento por algunos días antes y después de inseminar (d. p. b = días post-inseminación) sobre la tasa de preñez luego de la inseminación. Los números al final de cada barra son el número de vacas preñadas/número de vacas inseminadas y la tasa de preñez.

### IDEAS EMERGENTES PARA ENFRIAR VACAS

Hay un desarrollo continuo de nuevos enfoques en la ingeniería para mitigar el EC. Todos se basan en aumentar la pérdida de calor a través de conducción, convección, evaporación o alguna combinación de los tres. En algunos casos, la nueva tecnología es adoptada por las lecherías antes que se obtengan los datos científicos necesarios para estudiar rigurosamente la efectividad de estos nuevos aparatos o sistemas de enfriamiento. Además, los albergues actuales son algunas veces modificados en que los sistemas de enfriamiento no han sido adaptados para

producir resultados óptimos. Por lo tanto, el aumento esperado en el enfriamiento por la adopción de una nueva tecnología de enfriado no ocurre siempre. Considere el ejemplo que se muestra en la **Figura 7**. Esta figura muestra el promedio de las temperaturas rectales de más de 11,000 vacas en Florida albergadas en 10 alojamientos independientes. Los datos fueron colectados entre las 2:00 PM y las 5:00 PM durante el verano y han sido ajustados para diferencias en producción de leche, paridad, etapa de lactación y el ITH. Observe que las vacas en los dos establos que fueron enfriados utilizando ventilación tipo túnel demostraron temperaturas rectales similares a las vacas en dos establos de la misma finca y en seis establos en otras fincas donde las vacas fueron enfriadas con ventiladores y aspersores.

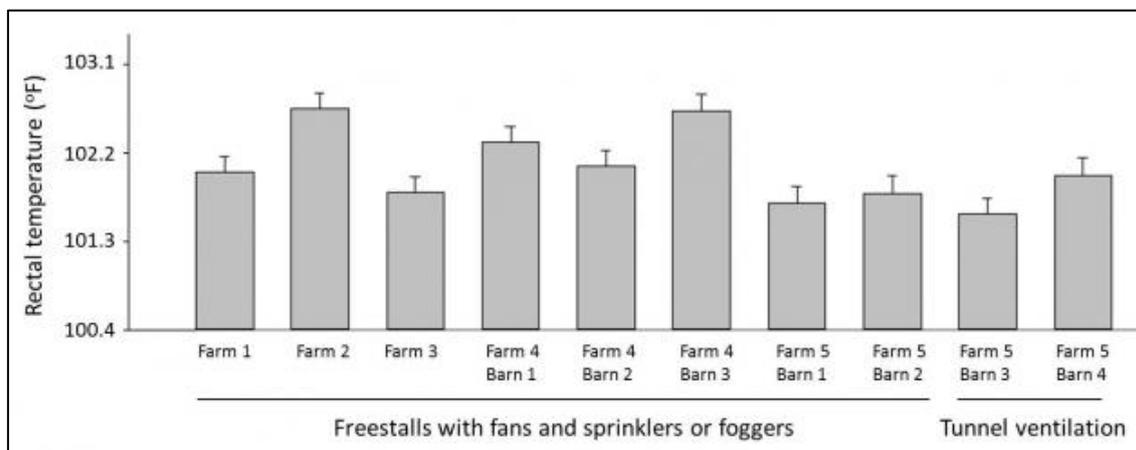


Figura 7. Promedios de temperatura rectal de más de 11,000 vacas en Florida albergadas en 10 alojamientos separados. Los datos fueron colectados entre las 2:00 PM y las 5:00 PM durante el verano y han sido ajustados para diferencias en producción de leche.

En un establo de ventilación tipo túnel, es más probable que el aire se mueva de un extremo a otro en áreas donde no hay obstrucciones, como callejones, en vez de lugares donde residen las vacas. También, movimientos frecuentes de equipos de limpieza de desperdicios y de alimentación en el establo interrumpen el flujo de aire. Estos problemas se reducen en establos de ventilación cruzada, en donde el aire se mueve a través del ancho del establo. Algunos establos con ventilación cruzada tienen equipos instalados para facilitar el movimiento de aire hacia áreas donde se localizan las vacas. A pesar de las ventajas evidentes de los establos con ventilación cruzada, la instalación de éstos y su operación es costosa. No existen datos para comparar la efectividad de establos de ventilación cruzada a otros sistemas para el enfriamiento de vacas. Es importante considerar que se espera un beneficio neto de los diferentes sistemas de enfriamiento considerando los altos costos de energía y su proyectado aumento.

Una de las nuevas ideas para la mitigación de calor se llama enfriamiento conductivo. La idea consiste de aumentar la pérdida de calor por la vaca al piso cuando esta se encuentra en descanso en el cubículo. Esto se logra instalando intercambiadores de calor enfriados por agua enterrados debajo de los cubículos. El costo de operación de un sistema de enfriamiento conductivo debe ser bajo pero aún no es claro si el enfriamiento conductivo debe ser usado de forma suplementaria o como reemplazo a otros sistemas de enfriamiento.

Es importante considerar el comportamiento de la vaca cuando se diseñan los sistemas para mitigar el EC. Una estudio reciente en California (Legrand et al., 2011) demostró que hay una gran variación entre vacas en preferencia a enfriamiento evaporativo cuando se le provee libre acceso a duchas elevadas activadas por presión en el piso. Las vacas realizaron un promedio de 23 visitas diarias a las duchas y se mantuvieron un promedio de 3 horas en total en la ducha. Sin embargo, la variación de tiempo en la ducha fue de 0 a 8.2 horas. Una consecuencia de estos resultados es que el enfriamiento óptimo utilizando aspersores o duchas se obtiene cuando no se les ofrece la opción a las vacas de experimentar el mojado.

## CONCLUSIONES – EL MENSAJE A LLEVAR

Se debe monitorear la temperatura corporal de las vacas para poder determinar en primera instancia cuales de ellas no pueden sobrellevar el EC y cuando necesitan enfriamiento adicional durante el día. En climas muy cálidos, el enfriamiento por sí solo no aliviará completamente los efectos del EC sobre la reproducción, pero un sistema bien diseñado puede mejorar la fertilidad y la producción de leche.

## RECONOCIMIENTOS

El Taller Itinerante de Estrés por Calor en Ganado Lechero y las memorias son apoyadas económicamente por la Subvención Competitiva número 2010-85122-20623 del Agriculture and Food Research Initiative (AFRI), del National Institute of Food

and Agriculture (NIFA) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. La investigación científica original descrita aquí fue apoyada por la misma subvención y por fondos del Programa Checkoff de Leche del Sureste, Inc.

#### LITERATURA CITADA

1. Broucek, J., P. Kisac, y M. Uhrincat. 2009. Effect of hot temperatures on the hematological parameters, health and performance of calves. *Int. J. Biometeorol.* 2009;53:201-208.
2. Burfeind, O., V.S. Suthar, R. Voigtsberger, S. Bonk, y W. Heuwieser W. 2010. Validity of prepartum changes in vaginal and rectal temperature to predict calving in dairy cows. *J Dairy Sci.* 94:5053-5061.
3. Dikmen, S., y P.J. Hansen. 2009. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? *J. Dairy Sci.* 92: 109-116
4. Dikmen, S., L. Martins, E. Pontes, y P.J. Hansen. 2009. Genotype effects on body temperature in dairy cows under grazing conditions in a hot climate including evidence for heterosis. *Int. J. Biometeorol.* 53: 327-331.
5. do Amaral, B.C., E.E. Connor, S. Tao, J. Hayen, J. Bubolz, y G.E. Dahl. 2009. Heat-stress abatement during the dry period: does cooling improve transition into lactation? *J Dairy Sci.* 92:5988-5999.
6. Ealy, A.D., C.F. Aréchiga, D.R. Bray, C.A. Risco, y P.J. Hansen 1994. Effectiveness of short-term cooling and vitamin E for alleviation of infertility induced by heat stress in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77: 3601-3607.
7. Flamenbaum, I. y N. Galon. 2010. Management of heat stress to improve fertility in dairy cows in Israel. *J Reprod Dev.* 56 ( Suppl):S36-41.
8. Gauthier, D. 1983. Technique permettant d'améliorer la fertilité des femelles francaises frissonnes pie noire (FFPN) en climat tropical. Influence sur l'évolution de la progestérone plasmatique. *Reproduction Nutrition Développement* 23: 129-136.
9. Gwazdauskas, F.C., W.W. Thatcher, y C.J. Wilcox. 1973. Physiological, environmental, and hormonal factors at insemination which may affect conception. *J. Dairy Sci.* 56: 873-877.
10. Her, E., D. Wolfenson, I. Flamenbaum, Y. Folman, M. Kaim, y A. Berman. 1988. Thermal, productive, and reproductive responses of high yielding cows exposed to short-term cooling in summer. *J. Dairy Sci.* 71: 1085-1092.
11. Legrand, A., K.E.Schütz, y C.B. Tucker. 2011. Using water to cool cattle: behavioral and physiological changes associated with voluntary use of cow showers. *J. Dairy Sci.* 94:3376-3386.
12. Moghaddam, A., I. Karimi, y M. Pooyanmehr. 2009. Effects of short-term cooling on pregnancy rate of dairy heifers under summer heat stress. *Vet. Res. Commun.* 33: 567-575.
13. Ravagnolo O, I. Misztal, y G. Hoogenboom. 2000. Genetic component of heat stress in dairy cattle, development of heat index function. *J Dairy Sci.* 83: 2120-2125.
14. Ravagnolo O., y I. Misztal. 2002. Effect of heat stress on nonreturn rate in Holsteins: fixed-model analyses. *J. Dairy Sci.* 85:3101-3106.
15. Sartori, R., R. Sartor-Bergfelt, S.A. Mertens, J.N. Guenther, J.J. Parrish, y M.C. Wiltbank, M.C. 2002. Fertilization and early embryonic development in heifers and lactating cows in summer and lactating and dry cows in winter. *J Dairy Sci.* 85: 2803-2812.
16. Stott, G.H., y F. Wiersma. 1976. Short term thermal relief for improved fertility in dairy cattle during hot weather. *Int. J. Biometeorol.* 20: 344-350.
17. Wise, M.E., R.E. Rodriguez, D.V. Armstrong, J.T. Huber, F. Wiersma, y R. Hunter. 1988. Fertility and hormonal responses to temporary relief of heat stress in lactating dairy cows. *Theriogenology* 29: 1027-1035.
18. Zimelman, R.B., R.P. Rhoads, M.L. Rhoads, G.C. Duff, L.H. Baumgard, y R.J. Collier. 2009. A re-evaluation of the impact of temperature humidity index (THI) and black globe temperature humidity index (BGHI) on milk production in high producing dairy cows. *Proc. 24th Southwest Nutrition and Management Conference, Tempe, AZ*, pp. 158-168.

Volver a: [Clima, adaptación, aclimatación, estrés](#)