

Estrategias para Mejorar la Reproducción Durante el Verano

Mensajes A-Llevar

- Estrés por calor puede ocurrir en casi todo sitio, pero su duración varía entre localidades
- El estrés por calor puede afectar negativamente todos los aspectos de la reproducción. Estos efectos pueden ocurrir dentro de días.
- El estrés por calor aumenta las pérdidas embrionarias y reduce la expresión del celo, la calidad y el tamaño de los embriones, las hormonas y la función inmunológica. Estos efectos pueden ocurrir dentro de días.
- El estrés por calor reduce la cantidad y la calidad del semen. Utilizar IA versus toros puede mejorar el número de vacas preñadas.
- La implementación de un programa sólido de sincronización e IA a tiempo fijo durante el verano puede reducir los días abiertos y mejorar el número de vacas preñadas comparado a la IA con celo detectado.
- La administración de hCG o GnRH en o luego de la IA puede mejorar la tasa de preñez durante el verano; sin embargo, los resultados han sido variables.
- Utilizar embriones producidos *in vitro* con semen sexado y transferencias de embriones a tiempo fijo durante el estrés por calor puede mejorar drásticamente las tasas de preñez y el número de novillas nacidas.

Introducción

Estrés por calor (EC) impacta de manera negativa todos los aspectos de producción en la ganadería de leche. La disminución en la producción de leche y las pérdidas reproductivas durante el verano impactan sustancialmente el potencial económico de las vaquerías. Factores tales como el calentamiento global, aumento poblacional en lugares de clima templado y un aumento en el número de animales para producción de alimentos en lugares con temperaturas más cálidas, aumenta más aún la susceptibilidad de la industria lechera a asuntos relacionados con EC (Hulme, 1997; Roush, 1994). El impacto económico anual de EC en la producción animal norteamericana ha sido estimado en \$2 billones, \$900 millones de esta pérdida correspondiendo sólo a la industria lechera. Consecuentemente, es pertinente implementar estrategias que ayuden a aliviar la severidad del EC tanto en reproducción como en producción lechera para mejorar el rendimiento del animal y la rentabilidad de la finca.

El estrés por calor puede darse en una amplia combinación de factores que incluye niveles de radiación solar, temperatura ambiental y humedad relativa. Esto se agrava aún más por el aumento en la producción de calor metabólico como resultado de mayor consumo de materia seca la cual, a su vez, supone eleva la susceptibilidad de la vaca lechera al EC. La industria lechera continúa su enfoque en la selección genética para caracteres que, a su vez, pudieran incrementar la susceptibilidad de la vaca lechera a EC, intensificando aún más la disminución en la producción de leche y la eficiencia reproductiva asociada al verano. Además, la selección hacia mayor producción reduce el alcance termoregulatorio de la vaca lechera (Berman et al., 1985). Las razas lecheras predominantemente usadas en EEUU fueron desarrolladas en climas templados, por lo tanto, son más productivas entre temperaturas de entre 41 y 59° F. Las vacas experimentan una merma en producción cuando la temperatura aumenta de 59 a 77° F (Hahn, 1985). Sin embargo, disminuciones dramáticas se observan cuando la temperatura excede los 77° F.

El objetivo de esta publicación es disseminar información, tanto anterior como reciente, relacionada con los efectos del EC sobre el ganado lechero. Aunque un enfriamiento apropiado de las vacas es todavía la manera principal de mejorar la producción de leche y la reproducción durante el verano, la intención de este artículo es discutir enfoques adicionales para mejorar la reproducción durante el EC. Además, se establecerán estrategias tradicionales con enfoques novedosos diseñados para reducir el impacto negativo del EC, con un énfasis particular en estrategias reproductivas.

Interrelación entre estrés por calor y reproducción

Como se mencionó anteriormente, la selección genética para producción de leche ha incrementado el rendimiento de calor metabólico para cada vaca. Esto ha aumentado considerablemente la susceptibilidad de vacas lecheras a EC. Además, dentro de las primeras semanas posparto, la vaca es muy vulnerable a enfermedades infecciosas y desórdenes metabólicos. Estos factores de estrés, sumados a cambios fisiológicos, nutricionales y ambientales que ocurren alrededor del parto, pueden reducir el desempeño reproductivo.

Actividad durante estro, función hormonal y desarrollo folicular

El estrés por calor reduce la duración y la intensidad del estro. Por ejemplo, durante el verano, la actividad motora junto a otras manifestaciones de estro se reducen (Hansen y Arechiga, 1999), mientras que la incidencia de anestro y ovulaciones silenciosas aumentan (Gwazdauskas et al., 1981). Nebel et al. (1997) reportaron que vacas Holstein fueron montadas 4.5 veces por cada estro durante el verano mientras que durante el invierno fueron montadas 8.6 veces por cada estro. Una posible razón para la reducción en la expresión del estro observada durante EC es la reducción en la actividad física como respuesta para limitar la producción de calor.

En una vaquería comercial en Florida, USA, los eventos de estro sin detectar fueron estimados en un 76 a 82 % entre junio y septiembre comparado a un 44 a 65 % de octubre a mayo (Thatcher y Collier, 1986). Otra posible razón para la reducción en la expresión de estro proviene de la supresión de hormonas endócrinas tales como hormona luteinizante y estradiol, importantes para el crecimiento folicular e inducir el comportamiento asociado con estro (Rensis and Scaramuzzi, 2003). Estudios estacionales reportaron concentraciones más bajas de esteroides en el fluido folicular durante la temporada de calor asociadas con una reducción en la viabilidad de células granulosas y una deficiencia en la actividad de la enzima aromatasas (Badinga et al., 1993; Wolfenson et al., 1995). En un estudio por Wolfenson y colaboradores (1997), se observó una reducción en la producción de androstenediona por células de la teca y concentraciones bajas de estradiol en el líquido folicular colectado de folículos dominantes durante el otoño. Los autores concluyeron que los cambios en la capacidad esteroidogénica inducida por el EC continúa hasta las etapas finales de desarrollo folicular. También, Roth y colaboradores (2000) observaron una reducción en la producción de estradiol y androstenediona por parte de células granulosas y de la teca colectadas de

foliculos en 3 a 4 semanas luego de estar expuestas a un EC agudo. En un estudio similar, se observaron concentraciones bajas de estradiol en el líquido folicular en vacas durante el verano, que fue aumentando gradualmente a lo largo del otoño (Roth et al., 2004).

El estrés por calor afecta la selección de foliculos y aumenta el largo de las ondas foliculares; reduciendo de esta manera la calidad de los ovocitos y a su vez modulando la esteroidogénesis folicular (Roth et al., 2001). Durante el verano se ha demostrado que el EC aumenta el número de foliculos subordinados, mientras que reduce el nivel de dominancia del foliculo dominante y disminuye los niveles de inhibina y estrógeno (Wolfenson et al., 1995; Wilson et al., 1998). En otro experimento, Wolfenson y colaboradores (1995) notaron una tendencia hacia la reducción en la concentración de inhibina en el plasma en vacas lecheras en producción durante EC mientras Paltra y colaboradores (1997) obtuvieron resultados similares en hembras de búfalo de agua ciclando. Posteriormente, la exposición de vacas lecheras en producción a EC durante un ciclo estral completo indujo un aumento de 50 % en el número de foliculos grandes (> 10 mm) durante la primera onda folicular (Wolfenson et al., 1995). Se observó un resultado similar durante los días 17 – 21 del ciclo estral en novillas expuestas a estrés por calor (Wilson et al., 1998). Esto puede explicar el aumento en la tasa de gemelos luego de inseminación durante el verano, debido a que hay un aumento en el número de foliculos grandes en el verano comparado con los meses de invierno (Ryan y Boland, 1991). El EC durante el verano reduce la dominancia folicular permitiendo así que más de un foliculo dominante se desarrolle, explicando de esta manera el aumento en número de gemelos nacidos durante los meses de verano. Además, ya sea debido a un efecto directo de temperaturas elevadas o por alteraciones en la función folicular, existe el potencial de que se comprometa la viabilidad del ovocito. Más investigaciones son necesarias para determinar los efectos del EC en el sistema endocrino y el posterior crecimiento tanto folicular como del ovocito.

Ovocitos, Fecundación y Desarrollo Temprano de Embriones

Durante el verano, EC reduce las tasas de preñez y concepción que pueden mantenerse hacia los meses de otoño (Wolfenson et al., 2000). Actualmente, no se conoce durante qué etapa del desarrollo folicular es que el EC deteriora el foliculo y/o el ovocito. Esta pudiera ser un área importante para investigaciones futuras, dado que los efectos negativos del EC en el ovario son comparables al efecto negativo en los testículos, en los cuales un intervalo de tiempo de 40 – 50 d es requerido antes que se complete el ciclo espermatogénico que conduciría a la producción y eyaculación de espermatozoides nuevos que no fueron perjudicados por el EC. Un intervalo de tiempo comparable para la recuperación del ovario/ovocito probablemente puede explicar considerablemente el retraso en la recuperación en fertilidad observada bien adentrado el otoño (Roth et al., 2001). Ovocitos colectados de vacas en producción durante el periodo de EC en el verano experimentaron una reducción en su capacidad de desarrollo *in vitro* (Rocha et al., 1998). Rutledge y colaboradores (1999) también reportaron una disminución en el número de ovocitos Holstein que se desarrollaron hasta la etapa de blastocito durante julio y agosto comparado con meses más fríos. En ambos estudios, la tasa de concepción no fue afectada por la estación, por lo tanto la disminución en el desarrollo luego de la fecundación durante el verano fue un indicativo de daño al ovocito. Por el contrario, Sartori y colaboradores (2002) demostraron una reducción significativa en la tasa de concepción y en la calidad embrionaria y núcleos/embrión durante el verano, en vacas en producción versus novillas nulíparas (sin partos). Cuando novillas donantes superovuladas fueron expuestas a EC por 16 h desde el inicio del estro, no se observaron efectos en la tasa de concepción. Sin embargo, hubo una reducción en el número de embriones con apariencia normal recuperados el d 7 luego del estro (Putney et al., 1988a). Esto ejemplifica como una exposición breve a EC puede afectar la viabilidad del ovocito dentro del foliculo preovulatorio. Además, la exposición de ovocitos en cultivo a temperaturas elevadas durante su maduración disminuye la tasa de clivaje y la proporción de ovocitos que se desarrollan a blastocitos (Edwards y Hansen, 1997). Los efectos de EC en el ovocito en desarrollo y en el que va a

ovular pueden impactar significativamente el crecimiento y calidad del embrión que se desarrollará posteriormente contribuyendo así al incremento en pérdida embrionaria observada en el ganado lechero.

El estrés por calor también puede afectar el embrión en su desarrollo temprano. Una exposición a EC entre los días 1 y 7 después del estro produce una reducción en la calidad y desarrollo de los embriones colectados del tracto reproductivo en el día 7 luego del estro (Putney et al., 1989). Más aún, embriones colectados de vacas donantes superovuladas durante los meses de verano fueron menos capaces para desarrollarse en cultivo que aquellos colectados de vacas superovuladas durante los meses de otoño, invierno y primavera (Monty y Racowsky, 1987). Drost y colaboradores (1999) demostraron que la transferencia de embriones producidos *in vivo* en vacas bajo condiciones termoneutrales tuvieron una mayor tasa de preñez en vacas recipientes en EC comparado con la obtenida en vacas sujetas a inseminación artificial (IA). Los embriones aparentan tener unas etapas de desarrollo en las cuales son más susceptibles a los efectos nocivos del EC como ha sido mostrado *in vitro*. Exposición a EC *in vitro* en las etapas de 2- a 4-células causaron una mayor reducción en el número de células en el embrión que EC en la etapa de mórula (Paula-Lopes y Hansen, 2002). Un estudio previo también observó que EC causó una mayor reducción en el desarrollo embrionario cuando fue aplicado en la etapa de 2-células comparado con la etapa de mórula (Edwards y Hansen, 1997) o aplicado el día 3 luego de la fecundación comparado con el día 4 (Ju et al., 1999). El uso de técnicas (ej. transferencia de embriones) para eludir la etapa crítica en la cual los embriones son más susceptibles al EC puede mejorar dramáticamente la fertilidad como será discutido en las últimas secciones.

Etapas Tardías del Desarrollo Embrionario

El EC no solamente afecta al ovocito y al embrión en etapas tempranas, sino que también reduce el crecimiento embrionario hasta el día 17, momento crítico para producción por el embrión de la interferona-*tau*. Cantidades adecuadas de interferona-*tau* son críticas para reducir la secreción pulsátil de prostaglandina-F_{2α}; bloqueando de este modo la regresión del cuerpo lúteo (CL) y manteniendo la preñez. Biggers y colaboradores (1987) indicaron que el EC redujo los pesos de embriones colectados en el día 17 en vacas de carne. Esta reducción en tamaño embrionario estuvo asociada a la reducción de interferona-*tau* disponible para inhibir la secreción pulsátil de prostaglandina-F_{2α}, la cual causa regresión del CL. Putney y colaboradores (1988b) incubaron embriones junto con explantes endometriales obtenidos en el día 17 de gestación a temperatura termoneutra (39°C, 24 h) o bajo EC (39°C, 6 h; 43°C, 18 h). Las condiciones de EC disminuyeron un 71% la síntesis y secreción de interferona-*tau* en los embriones; sin embargo, la secreción de prostaglandina-F_{2α} endometrial y la secreción de prostaglandina-E₂ embrionaria aumentaron un 72% en respuesta al EC. Wolfenson y colaboradores (1993) observaron un aumento en la secreción *in vivo* de prostaglandina F_{2α} en novillas expuestas a temperaturas ambientales elevadas. Colectivamente, estos estudios demuestran que tanto el embrión como el ambiente uterino pueden ser perturbados como resultado de la inhibición de EC en la habilidad del embrión para secretar interferona-*tau* (señal que bloquea la regresión del CL) y mantener la preñez y/o manipular la producción de proteínas importantes por las células endometriales.

Una reducción en la cantidad de factores de crecimiento como resultado de producción de leche y/o del descenso en el estatus nutricional debido al EC, pudiera reducir la cantidad necesaria de factores de crecimiento embriotróficos. La secreción de factores de crecimiento embriotróficos hacia el lumen uterino puede ser regulada por el estatus nutricional de la vaca debido que la tasa de preñez como resultado de la transferencia de embriones fue reducida en recipientes con condiciones corporales (BCS) bajas (Mapletoft et al., 1986). Las concentraciones de insulina, factor de crecimiento 1 tipo-insulina (IGF-1) y glucosa en el plasma son más bajas durante el verano que en los meses de invierno; probablemente debido a la reducción en el consumo de materia seca (DMI) y a un incremento en el balance negativo de energía. Esta reducción de los factores de crecimiento y de los nutrientes importantes para la reproducción dificulta el desarrollo normal del embrión y su producción de interferona-*tau*. Bilby y colaboradores (2006a) reportaron que suplementar vacas en producción con

hormona de crecimiento recombinante (bST) al momento de la IA y 11 días más tarde aumentó la producción de factores de crecimiento, el largo del embrión, la producción de interferona-*tau* y las tasas de preñez comparado con vacas que no recibieron bST. Posiblemente la disponibilidad creciente de factores de crecimiento importantes durante el EC puede mejorar el crecimiento embrionario y su supervivencia. Esta estrategia, combinada con el suministro de grasa sobrepasante enriquecida con ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA), puede beneficiar el desempeño reproductivo durante el EC de verano (Bilby et al., 2006 a,b,c). Sin embargo, cuando se utilizan técnicas tales como nutrición mejorada o un fármaco como bST para optimizar la viabilidad embrionaria y su crecimiento *in vivo*, el aumento inherente es canalizado hacia mejorar la producción de leche a expensas del órgano reproductor, posiblemente enmascarando de esta manera los beneficios reales en fertilidad. Más estudios son necesarios para desarrollar herramientas para dirigir el envío hormonal o de nutrientes al órgano reproductor con el propósito de mejorar la fertilidad sin perder los nutrientes y hormonas adicionales canalizadas hacia mayor producción lechera.

La pérdida embrionaria es otro factor importante que afecta la fertilidad y que aumenta durante EC. Vacas lecheras con partos sencillos o gemelos tienen 3.7 y 5.7 veces mayor posibilidad, respectivamente, de pérdida embrionaria durante la temporada cálida comparada con la fría (Lopez-Gatius et al., 2004). Además, se ha demostrado que la posibilidad de perder la preñez aumenta por un factor de 1.05 por cada incremento de unidad en el promedio máximo del índice temperatura-humedad (ITH) desde los días 21 al 30 de la gestación. La pérdida de preñez con un ITH máximo de 55, 55-59, 60-64, 65-69 y >69 fue 0, 1, 2, 8 y 12 %, respectivamente (García-Ispuerto et al., 2006). Es de especial interés que el ITH máximo donde la pérdida embrionaria aumenta dramáticamente es desde 60-64 a 65-69. Este ITH es mucho más bajo que el límite de 72 el cual previamente se había pensado en que las vacas exhiben estrés por calor. Esto provee evidencia adicional sustentando que el fracaso reproductivo ocurre a temperaturas menores que las que una vez se creía.

Ambiente Uterino y Función Inmunológica

La reproducción puede verse comprometida durante el EC a través de un ambiente uterino subóptimo para la fecundación, crecimiento embrionario e implantación. El estrés por calor causa una redistribución del flujo sanguíneo desde los órganos viscerales hacia la periferia resultando así en una disminución en la disponibilidad de nutrientes y hormonas, comprometiendo en última instancia la función uterina. El aumento en el flujo sanguíneo uterino mediante inyección de 17β -estradiol se redujo en vacas que no estuvieron bajo sombra durante el verano comparadas con aquellas bajo sombra (Thatcher y Collier, 1986). También, como se mencionó antes, la producción de prostaglandina aumenta mientras que el crecimiento embrionario y la producción de interferona-*tau* embrionaria se reduce debido a la exposición al estrés por calor. La culminación de la reducción en el flujo sanguíneo (el cual provee nutrientes esenciales para el desarrollo embrionario) y el aumento en la producción de prostaglandina inhibirá severamente la supervivencia embrionaria durante los meses de verano.

El efecto que EC tiene en la función inmunológica no ha sido evaluado en detalle, especialmente en especies de importancia pecuaria. Sin embargo, la incidencia de algunos problemas de salud ciertamente aparentan aumentar durante los meses de verano donde se han reportado tasas elevadas de mastitis, retención de placenta, metritis y cetosis (Collier et al., 1982a). Varios estudios epidemiológicos revelan una reducción en la fertilidad en vacas afectadas por desórdenes en el tracto reproductivo, glándula mamaria, patas y desórdenes metabólicos tales como cetosis, fiebre de leche y desplazamiento del abomaso. La retención de placenta, metritis y los quistes ováricos son factores de riesgo para la concepción. Vacas demostraron reducciones en tasas de concepción de 14% con retención de placenta, 15% con metritis y 21% para aquellas con quistes ováricos (Grohn y Rajala-Schultz, 2000). La mastitis también reduce significativamente la fertilidad en vacas lecheras en producción (Hansen et

al., 2004). Además de esto, el estrés general aumenta los niveles de glucocorticoides, lo cual reduce la función de los neutrófilos. Por lo tanto, el EC induce aumentos en los niveles de cortisol que pueden explicar parcialmente los efectos negativos en la salud del EC.

Una causa adicional para una función inmunológica comprometida pudiera ser el balance negativo de energía. Un balance negativo de energía temprano en la lactación está asociado a una variedad de problemas reproductivos (Drackley, 1999). La vaca en EC también entra en un balance negativo de energía y, por lo tanto, (no debe sorprendernos) experimenta muchos de los mismos problemas de salud y de parámetros reproductivos afectados que las vacas en transición. El balance negativo de energía calculado durante EC (aprox. -5 Mcal/d) no es tan severo como el de temprano en la lactancia (ej. aprox. día 7: aprox. -15 Mcal/d), pero es casi seguro que no es coincidencia que ambas situaciones tienen incrementos en las tasas de desórdenes similares.

Desarrollo Fetal y de la Placenta

Cuando se impone un EC en los últimos 2 – 3 meses de la gestación, hay efectos claros en la función de la placenta y en los perfiles endócrinos. El EC durante el parto podría reducir las hormonas tiroideas y los niveles de estrógeno de la placenta, mientras hay una creciente concentración de ácidos grasos libres en la sangre; todo esto puede alterar el crecimiento de la ubre y la placenta, el envío de nutrientes al becerro sin nacer y la producción de leche subsiguiente (Collier et al., 1982a). Collier y colaboradores (1982b) también reportaron que vacas lecheras que sufrieron de un EC tarde en la gestación tuvieron pesos de novillas al nacer bajos y produjeron menos leche que aquellas que no estuvieron expuestas a EC. Esto estuvo asociado a una reducción en concentraciones circulatorias de tiroxina, prolactina, hormona de crecimiento y glucocorticoides. Otros investigadores han sugerido que enfriar vacas parto puede aumentar peso de las novillas al nacer, mejorar la calidad del calostro, disminuir los desórdenes de salud relacionados al parto y un aumento en producción de leche subsiguiente (Avendano-Reyes et al., 2006; Wolfenson et al., 1988). El consumo de alimento y la tasa metabólica son afectados adversamente por el EC durante el periodo inmediato al parto, y esto puede afectar contrariamente la habilidad de la vaca lechera de aumentar la producción posparto.

Modificaciones de Programas Reproductivos

Fertilidad del Servicio Natural

La mayoría de los productores de leche siguen usando el servicio o monta natural como componente de su programa reproductivo acentuando más aún los efectos del EC en el desempeño reproductivo del ganado lechero. El estrés por calor afecta el servicio natural en los machos mediante su efecto sobre la espermatogénesis y por una reducción en la libido. La calidad del semen disminuye cuando los toros están continuamente expuestos a temperaturas ambientales de 86°F por 5 semanas o 99.5°F por 2 semanas a pesar de no tener un efecto aparente en la libido. El estrés por calor reduce la concentración de espermatozoides, baja la motilidad de espermatozoides y aumenta el porcentaje de espermatozoides con anomalías morfológicas en el eyaculado. Luego de un período de EC, la calidad del semen no vuelve a lo normal por aproximadamente 2 meses debido al largo del ciclo espermático, sumándose al efecto acumulado del EC en la reproducción. Sin embargo, el uso convencional de semen congelado y la IA sobrepasa los efectos de estrés por calor sobre la fertilidad del macho. Por ejemplo, muchos productores de leche en EEUU usan IA para un número dado de servicios (ej. 3 servicios por IA) y entonces mueven la vaca al corral para monta natural; sin embargo, puede ser ventajoso continuar con la IA por varios servicios adicionales para sobrepasar el efecto negativo descrito arriba, especialmente durante, y por un período de 2 meses luego del EC. También, el uso de inseminación artificial va a mejorar el progreso genético y reducir la posibilidad de las vacas de contraer enfermedades introducidas por monta natural.

Inseminación artificial a tiempo fijo

El uso de IA a tiempo fijo (TAI, por sus siglas en inglés) para eludir los efectos adversos de la reducción en detección de celos ha sido bien documentado. El uso de algún tipo de protocolo de TAI (ej. Ovsynch, Cosynch72, o Ovsynch56), ya sea con o sin detección de celo, puede mejorar la fertilidad durante el verano. Estudios previos llevados a cabo en Florida, EU, durante los meses de verano observaron un aumento en el número de vacas preñadas en el día 90 (Arechiga et al., 1998) o en el día 120 posparto (De la Sota et al., 1998) comparado con vacas que fueron inseminadas al detectar el celo, a pesar de que la tasa de concepción durante el primer servicio no fue diferente (Arechiga et al., 1998). Los efectos positivos de TAI al primer servicio durante EC fueron considerados durante un periodo de un año, y se observó un menor número de vacas descartadas (12.9 vs. 22%) y vacas adicionales quedando preñadas (87% vs. 78%) si el TAI fue usado para el primer servicio versus IA con detección de celo (De la Sota et al., 1998). Estos resultados proveen evidencia que el uso de TAI versus IA con detección de celo durante EC reduce el número de días abiertos, el intervalo de parto al primer servicio y el número de servicios por concepción (De la Sota et al., 1998).

Posteriormente, Jordan y colaboradores (2002) observaron dos programas diferentes de TAI para primer servicio por el curso de 11 meses y el efecto de temporada en la primera inseminación no fue significativo. Otros estudios también han reportado tasas de preñez más consistentes a lo largo del verano cuando se usó un programa de sincronización comparado con IA en detección de celo (Burke et al., 1996; Britt and Gaska, 1998). Aunque el uso de TAI asegura que las vacas son inseminadas en días determinados de la lactación y puede sobrepasar la reducción de detección de celos durante EC, estos programas no van a superar los impactos negativos del estrés por calor en la maduración del ovocito y en el desarrollo embrionario.

Uso de GnRH o hCG durante o pasado el estro

El fracaso en la ovulación y ovulaciones que pasan desapercibidas aumenta durante EC (Gwazdauskas et al., 1981; Thatcher y Collier, 1986). Una manera posible de sobrepasar la falta de ovulación y posiblemente mejorar la fertilidad durante el verano es mediante una inyección de GnRH durante el estro. Ullah y colaboradores (1996) inyectaron GnRH a vacas lecheras en producción al momento de detectarse el celo durante el final del verano en Mississippi aumentado así la tasa de preñez desde un 18% hasta 29%. Coincidiendo con este estudio, un estudio en Israel utilizando vacas lecheras en producción durante los meses de verano y otoño, éstas fueron inyectadas con GnRH en los primeros signos de celo, y las tasas de concepción aumentaron comparado con el grupo testigo sin tratamiento (41% a 56%, respectivamente; Kaim et al., 2003). Interesantemente, un estudio conducido en España durante el verano aumentó las tasas de preñez sólo cuando se inyectó GnRH al momento de la IA y 12 días después (35.4%) comparado a una administración de la hormona sólo al momento de TAI (30.8%) o sólo 12 días después (20.6%; Lopez-Gatius et al., 2006). Los autores concluyeron que aunque el doble tratamiento con GnRH fue mayor, también se obtuvieron beneficios luego de un tratamiento sencillo de GnRH al momento de la IA. Además, el tratamiento no afectó la tasa de preñez de gemelos, sin embargo aumentó la incidencia de un cuerpo lúteo adicional.

La producción de progesterona por el CL es crítica para el establecimiento de la preñez. En un artículo de revisión, Wolfenson y colaboradores (2000) concluyeron que EC crónico reduce la concentración de progesterona; sin embargo, esta puede aumentar luego de un EC agudo. Varios estudios han demostrado que concentraciones de progesterona pueden elevarse al inducir un CL accesorio con el uso de GnRH o de hCG de 5 – 14 días luego de la IA. Cuando se inyectan agonistas de GnRH o de hCG en el día 5 del ciclo estral en vacas en producción durante el verano, se forma un CL accesorio y ocurre un aumento en progesterona (Schmitt et al., 1996). No obstante, las tasas de concepción no mejoraron durante el EC. Por otro lado, Gandy y colaboradores (2002) utilizaron un programa de TAI durante el verano y dividieron

las vacas en tres grupos con o sin tratamientos luego de TAI; GnRH al día 5 o GnRH al día 11 pos-TAI. Las tasas de preñez mejoraron en vacas que recibieron GnRH en el día 5 (32.4%) o día 11 (38.2%) luego de TAI comparado con aquellas que no se les inyectó nada (18.9%).

Se necesitan más estudios para determinar cuándo se debe manipular con hormonas luego de TAI, qué productos hormonales usar y a qué nivel de EC es que se necesita la administración hormonal pos-TAI.

Manipulación y transferencia del embrión

La transferencia de embriones puede mejorar significativamente la tasa de preñez durante los meses de verano (Drost et al., 1999). La transferencia de embriones puede sobrellevar el período en el cuál el embrión es más susceptible al EC (ej. antes del día 7). En un estudio reciente, se transfirieron embriones vitrificados o frescos producidos *in vitro* utilizando semen sexado luego de un programa de transferencia de embriones a tiempo fijo a vacas en producción comparado con IA convencional durante el verano (Stewart et al., 2011). La tasa de concepción se duplicó con embriones frescos (39%) y no se encontró una diferencia entre los embriones vitrificados (27%) y la IA convencional (21%). Cuando se evaluó la tasa de partos (TP) y el sexo al nacimiento, los embriones frescos fueron superiores en TP (27.5%) comparados con los vitrificados (17.1%) o IA convencional (14.6%) y el número de novillas nacidas aumentó tanto para los grupos de embriones frescos como vitrificados versus IA convencional (88% y 84% vs. 50%; Bilby et al., 2011). De Vries y colaboradores (2011), evaluaron el potencial económico usando un modelo de simulación de cadena de ganado lechero Markov combinado con programación lineal. En este análisis, el uso de embriones producidos *in vitro* con semen sexado a un costo de \$60 por embrión comparado con \$20 para IA convencional aumentaron la ganancia entre \$22 - \$42 por vaca dependiendo de las restricciones de la finca usadas en el modelo. Los costos incluidos en el análisis fueron semen, IA, transferencia de embriones y todas las hormonas asociadas. No obstante, la transferencia de embriones no es una técnica que se haya adoptado ampliamente. Es necesario optimizar las técnicas usadas durante la producción de embriones *in vitro*, la congelación de embriones, la transferencia de embriones a tiempo fijo y reducir los costos de los embriones que estén disponibles comercialmente antes de que ésta se convierta en una solución viable. La implementación logística a gran escala combinado con la necesidad de un técnico diestro y experimentado también reduce las posibilidades a que se adopte esta técnica de manera comercial. Se han estudiado los tratamientos hormonales de embriones *in vitro* para mejorar la supervivencia pos-transferencia durante el verano. Estos estudios han demostrado un mejor desarrollo del embrión hasta la etapa de blastocito cuando éstos fueron estimulados con IGF-I (Moreira et al., 2002a,b; Block et al., 2003). El IGF-I ha probado ser beneficioso no solo para estimular el desarrollo embrionario, sino también para proteger los embriones de los efectos dañinos del estrés por calor. Jousan y Hansen (2004) realizaron una serie de estudios utilizando embriones fecundados *in vitro* (IVF por las siglas en inglés) cultivados con o sin IGF-I. Durante el primer experimento, embriones en el día 5 de desarrollo (≥ 16 células) fueron expuestos a un ambiente termoneutro (101.3°F por 24 horas) o a un ambiente de EC (105.8°F por 9 horas seguido por 101.3°F por 15 horas). El EC redujo el número total de células luego de 24 horas de haber comenzado el EC y aumentó el número de células muertas por apoptosis dentro del embrión. Sin embargo, IGF-I bloqueó esta reducción en el número de células y redujo el por ciento de células dentro del embrión que estaban en apoptosis. Además, el segundo experimento utilizó tratamientos similares pero evaluaron los embriones en el día 8 de desarrollo obteniendo resultados similares. Esta serie de experimentos, y otros, ilustran como IGF-I puede mejorar la supervivencia embrionaria durante EC *in vitro*.

Debido a que IGF-I aparenta tener propiedades termoprotectoras *in vitro*, se diseñaron estudios para investigar si la transferencia de embriones cultivados con IGF-I a vacas bajo EC mejoraba la tasa de preñez (Block et al., 2003). Vacas Holstein en producción, bajo EC (n = 260) se sincronizaron con un protocolo de TAI y recibieron embriones producidos *in vitro* cultivados con o sin IGF-I (100 ng/mL) en el día 7 de desarrollo. Cada vaca recipiente (n = 210) con un CL palpable recibió un solo embrión. La transferencia de embriones tratados con IGF-I aumentó la tasa de preñez diagnosticada en el día 53, y se observó una tendencia a

aumentar la tasa de preñez diagnosticada el día 81 y a mejorar la tasa de parto (Block et al., 2003). Esto probó que la transferencia de embriones producidos *in vitro* cultivados con IGF-I puede mejorar la tasa de preñez en vacas lecheras recipientes bajo EC.

A pesar de que los resultados de estos estudios confirman que IGF-I afecta al embrión *in vitro* mejorando su viabilidad durante estrés térmico, todavía resta la pregunta de si niveles periferales elevados de IGF-I *in vivo* pueden mejorar la tasa de preñez durante el verano. Se condujeron otros estudios en Florida usando somatotropina bovina recombinante (rbST) para estimular la producción de IGF-I y posiblemente mejorar la fertilidad durante el verano (Jousan et al., 2007). Vacas lecheras en producción (n = 276) fueron sincronizadas y recibieron inyecciones secuenciales de rbST (tratamiento) comenzando aproximadamente a 60 DIM (días en leche) o no recibieron tratamiento con rbST. Las tasas de preñez (día 45 – 80) no fueron diferentes entre el grupo testigo y las vacas tratadas con rbST para el primer (15.2 vs. 16.7%) o el segundo servicio (17.2 vs. 14.8%) de TAI. Sin embargo, tanto la concentración de IGF-I en el plasma y la producción de leche como las temperaturas rectales y vaginales aumentaron en vacas tratadas con rbST acompañado con una reducción en su condición corporal (Jousan et al., 2007).

Dado que temperaturas corporales elevadas comprometen la fertilidad en vacas lecheras en producción (ej. un aumento de 0.5°C en la temperatura uterina al día de inseminación resultó en una disminución de fertilidad de un 12.8%; Gwazdauskas et al., 1973), es posible que el aumentar IGF-I a través del tratamiento con rbST protegió al embrión en desarrollo de las temperaturas elevadas asociadas con rbST, manteniendo en última instancia tasas de preñez similares.

La manipulación de embriones *in vitro* y/o terapias hormonales para su uso *in vivo* pudieran permitir mejorías en la fertilidad durante el verano.

Conclusión

Los programas reproductivos pueden ser modificados a través de manipulaciones hormonales, por la transferencia de embriones junto al uso continuo de IA para sobrellevar el punto crítico en el cual el EC pareciera ser más dañino. La implementación de programas reproductivos agresivos durante el verano puede ayudar a mejorar el desempeño reproductivo pero no eliminará el déficit reproductivo. Más investigación es necesaria para desarrollar estrategias novedas dirigidas a mejorar la fertilidad baja existente en vacas lecheras en producción durante EC.

Información del Autor

Todd R. Bilby, Ph.D.

Texas AgriLife Research and Extension, Texas A&M System

Reconocimientos

El “Dairy Heat Stress Roadshow” y el taller fueron sustentados por la “Agriculture and Food Research Initiative Competitive Grant no. 2010-85122-20623 (tel:2010-85122-20623)” del Instituto Nacional de Alimentos y Agricultura, USDA

Literatura Citada

Al-Katanani, Y. M., D. W. Webb, y P. J. Hansen. 1999. Factors affecting seasonal variation in 90-day nonreturn rate to first service in lactating Holstein cows in a hot climate. *J. Dairy Sci.* 82(12):2611-2616 (tel:2611-2616).

Armstrong, D.V. 1994. Heat stress interactions with shade and cooling. *J. Dairy Sci.* 77:2044-2050.

- Badinga, L., W.W. Thatcher, T. Diaz, M. Drost, y D. Wolfenson. 1993. Effect of environmental heat stress on follicular development and steroidogenesis in lactating Holstein cows. *Theriogenology* 39:797-810.
- Berman, A., Y. Folman, M. Kaim, M. Mamen, Z. Herz, D. Wolfenson, A. Arieli, y Y. Graber. 1985. Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a subtropical environment. *J. Dairy Sci.* 68:1488-1495.
- Biggers, B. G., R. D. Geisert, R. P. Wettemann, y D. S. Buchanan. 1987. Effect of heat stress on early embryonic development in the beef cow. *J. Anim. Sci.* 64:1512-1518.
- Bilby, T. R., J. Block, B. M. Stewart, P. Morelli, L. Bonilla, y P.J. Hansen. 2011. Efficacy of embryo transfer in lactating dairy cows during summer using fresh or vitrified embryos produced in-vitro with sex-sorted semen. II. Calving data. *J. Dairy Sci. (Suppl.): (Abstr)* in press
- Bilby, T. R., A. Sozzi, M. M. Lopez, F. Silvestre, A. D. Ealy, C. R. Staples, y W. W. Thatcher. 2006a. Pregnancy, bovine somatotropin, and dietary n-3 fatty acids in lactating dairy cows: I. Ovarian, conceptus and growth hormone – Insulin-like growth factor system responses. *J. Dairy Sci.* 89:3375-3385 (tel:3375-3385) .
- Bilby, T.R., J. Block, B. C. do Amaral, O. Sa Filho, F. T. Silvestre, P. J. Hansen, C. R. Staples, y W. W. Thatcher. 2006b. Effects of Dietary Unsaturated Fatty Acids on Oocyte Quality and Follicular Development in Lactating Dairy Cows in Summer. *J. Dairy Sci.* 89:3891-3903 (tel:3891-3903) .
- Bilby, T.R., A. Guzeloglu, L. A. MacLaren, C. R. Staples, y W. W. Thatcher. 2006c. Pregnancy, Bovine Somatotropin, and Dietary n-3 Fatty Acids in Lactating Dairy Cows: II. Endometrial Gene Expression Related to Maintenance of Pregnancy. *J. Dairy Sci.* 89:3375-3385 (tel:3375-3385) .
- Block J., M. Drost, R.L. Monson, J.J. Rutledge, R.M. Rivera, F.F. Paula-Lopes, O.M. Ocon, C.E. Krininger, J. Liu, y P.J. Hansen. 2003. Use of insulin-like growth factor-I during embryo culture and treatment of recipients with gonadotropin-releasing hormone to increase pregnancy rates following the transfer of in vitro-produced embryos to heat-stressed, lactating cows. *J. Anim. Sci.* 81(6):1590-602 (tel:1590-602) .
- Britt, J.S. y J. Gaska. 1998. Comparison of two estrus synchronization programs in a large, confinement-housed dairy herd. *JAVMA* 212:210-212.
- Burke, J.M., R.L. De La Sota, C.A. Risco, C.R. Staples, E.J.P. Schmitt, y W.W. Thatcher. 1996. Evaluation of times insemination using a gonadotropin-releasing hormone agonist in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 79:1385-1393.
- Collier, R. J., D. K. Beede, W. W. Thatcher, L. A. Israel, y C. J. Wilcox. 1982a. Influences of environment and its modification on dairy animal health and production. *J. Dairy Sci.* 65:2213-2227 (tel:2213%E2%80%932227) .
- De Vries A., T. R. Bilby, J. Block, y P. J. Hansen. 2011. Economic evaluation of embryo transfer in dairy cows during the summer using linear programming. *J. Dairy Sci. (Suppl.): (Abstr)* in press.
- De la Sota, R.L., J.M. Burke, C.A. Risco, F. Moreira, M.A. DeLorenzo, y W.W. Thatcher. 1998. Evaluation of timed insemination during summer heat stress in lactating dairy cattle. *Theriogenology* 49:761-770.
- Drackley, J.K. 1999. Biology of dairy cows during the transition period: the final frontier? *J. Dairy Sci.* 82:2259-2273 (tel:2259-2273) .
- Drost, M., J. D. Ambrose, M. J. Thatcher, C. K. Cantrell, K. E. Wolsdorf, J. F. Hasler, y W. W. Thatcher. 1999. Conception rates after artificial insemination or embryo transfer in lactating dairy cows during summer in Florida. *Theriogenology* 52:1161-1167.

- Moreira, F., L. Badinga, C. Burnley, y W. W. Thatcher. 2002a. Bovine somatotropin increases embryonic development in superovulated cows and improves post-transfer pregnancy rates when given to lactating recipient cows. *Theriogenology* 57:1371-1387
- Moreira, F., F. F. Paula-Lopes, P. J. Hansen, L. Badinga, y W. W. Thatcher. 2002b. Effects of growth hormone and insulin-like growth factor-I on development of in vitro derived bovine embryos. *Theriogenology* 57:895-907.
- Nebel, R. L., S. M. Jobst, M.B.G. Dransfield, S. M. Pandolfi, y T. L. Bailey. 1997. Use of radio frequency data communication system, HeatWatch®, to describe behavioral estrus in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 80 (Suppl. 1):179. (Abstr.)
- Paltra, P., S. Mondal, B.S. Prakash, y M.L. Madan. 1997. Peripheral inhibin levels in relation to climatic variations and stage of estrus cycle in buffalo (*Bubalus bubalis*). *Theriogenology* 47:989-995.
- Paula-Lopes, F. F., y P. J. Hansen. 2002. Heat-shock induced apoptosis in bovine preimplantation embryos is a developmentally-regulated phenomenon. *Biol. Reprod.* 66:1169-1177.
- Putney, D. J., M. Drost, y W. W. Thatcher. 1988a. Embryonic development in superovulated dairy cattle exposed to elevated ambient temperature between days 1 to 7 post insemination. *Theriogenology* 30:195-209.
- Putney, D. J., J. R. Malayer, T. S. Gross, W. W. Thatcher, P. J. Hansen, y M. Drost. 1988b. Heat stress-induced alterations in the synthesis and secretion of proteins and prostaglandins by cultured bovine conceptuses and uterine endometrium. *Biol. Reprod.* 39:717-728.
- Putney, D. J., M. Drost, y W. W. Thatcher. 1989. Influence of summer heat stress on pregnancy rates of lactating dairy cattle following embryo transfer or artificial insemination. *Theriogenology* 31:765-778.
- Rensis, F.D., y R.J. Scaramuzzi. 2003. Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cows—a review. *Theriogenology* 60:1139-1151.
- Rhoads, M.L., R. P. Rhoads, S. R. Sanders, S. H. Carroll, W. J. Weber, B. A. Crooker, R. J. Collier, M. J. VanBaale y L. H. Baumgard. 2007. Effects of Heat Stress on Production, Lipid Metabolism and Somatotropin Variables in Lactating Cows. *J. Dairy Sci.* 90(Suppl. 1):230. (Abstr.)
- Roth, Z., R. Median, R. Braw-Tal, y D. Wolfenson. 2000. Immediate and delayed effects of heat stress on follicular development and its association with plasma FSH and inhibin concentration in cows. *J. Reprod. Fertil.* 120:83-90. *Reproduction* 122:737-744.
- Roth, Z., A. Bor, R. Braw-Tal, y D. Wolfenson. 2004. Carry-over effect of summer thermal stress on characteristics of the preovulatory follicle of lactating cows. *J. Them. Biol.* 29:681-685.
- Rocha, A., R. D. Randel, J. R. Broussard, J. M. Lim, R. M. Blair, J. D. Roussel, R. A. Godke, and W. Hansel. 1998. High environmental temperature and humidity decrease oocyte quality in *Bos Taurus* but not in *Bos indicus* cows. *Theriogenology* 49:657-665.
- Roush, W. 1994. Population—the view from Cairo. *Science* 265: 1164-1167.
- Rutledge, J. J., R. L. Monson, D. L. Northey, y M. L. Leibfried-Rutledge. 1999. Seasonality of cattle embryo production in a temperate region. *Theriogenology* 51(Suppl.1):330. (Abstr.)
- Ryan, D.P., y M.P. Boland. 1991. Frequency of twin births among Holstein X Friesian cows in a warm dry climate. *Theriogenology* 36:1-10.

Sartori, R., R. Sartor-Bergfelt, S.A. Mertens, J.N. Guenther, J.J. Parrish, y M.C. Wiltbank. 2002. *J. Dairy Sci.* 85:2803 – 2812 (tel:2803%20%E2%80%93%202812) .

Schmitt, E.J.-P., T. Diaz, C.M. Barros, R.L. de la Sota, M. Drost, y E.W. Fredriksson. 1996. Differential response of the luteal phase and fertility in cattle following ovulation of the first-wave follicle with human chorionic gonadotropin or an agonist of gonadotropin-releasing hormone. *J. Anim. Sci.* 74:1074-1083.

Stewart, B.M., J. Block, P. Morelli, A.E. Navarrette, M. Amstalden, L. Bonilla, P.J. Hansen, y T.R. Bilby. 2011. Efficacy of embryo transfer in lactating dairy cows during summer using fresh or vitrified embryos produced in vitro with sex-sorted semen. *J. Dairy Sci.* in press.

Thatcher, W. W., y R. J. Collier. 1986. Effects of climate on bovine reproduction. In: D. A. Morrow (Ed.) *Current Therapy in Theriogenology* 2. pp 301–309. W. B. Saunders, Philadelphia.

Ullah, G., J.W. Fuquay, T. Keawhoong, B.L. Clark, D.E. Pogue, y E.J. Murphy. 1996. Effect of gonadotrophin-releasing hormone at estrus on subsequent luteal function and fertility in lactating Holstein during heat stress. *J. Dairy Sci.* 79:1950–1953.

Wildman, C.D., J.W. West, y J.K. Bernard. 2007. Effect of dietary cation-anion difference and dietary crude protein on performance of lactating dairy cows during hot weather. *J. Dairy Sci.* 90:1842-1850.

Wilson, S. J., R. S. Marion, J. N. Spain, D. E. Spiers, D. H. Keisler, y M. C. Lucy. 1998. Effects of controlled heat stress on ovarian function of dairy cattle. 1. Cows. *J. Dairy Sci.* 81:2139–2144 (tel:2139%E2%88%922144) .

Wolfenson, D., I. Flamenbaum, y A. Berman. 1988. Dry period heat stress relief effects on prepartum progesterone, calf birth weight and milk production. *J. Dairy Sci.* 71:809-818.

Wolfenson, D., F. F. Bartol, L. Badinga, C. M. Barros, D. N. Marple, K. Cummins, D. Wolfe, M. C. Lucy, T. E. Spencer, y W. W. Thatcher. 1993. Secretion of PGF₂ α and oxytocin during hyperthermia in cyclic and pregnant heifers. *Theriogenology* 39:1129-1141.

Wolfenson D, W.W. Thatcher, L. Badinga, J.D. Savio, R. Meidan, B.J. Lew, R. Braw-Tal y A. Berman. 1995. Effect of heat stress on follicular development during the estrous cycle in lactating dairy cattle. *Biol. Reprod.* 52:1106-1113.

Wolfenson, D., B. J. Lew, W. W. Thatcher, Y. Graber, y R. Meidan. 1997. Seasonal and acute heat stress effects on steroid production by dominant follicles in cow. *Anim. Reprod. Sci.* 47:9–19.

Wolfenson, D., Z. Roth, y R. Meidan. 2000. Impaired reproduction in heat-stressed cattle: basic and applied aspects. *Anim. Reprod. Sci.* 60/61:535–547.

Zeron, Y., D. Sklan, y A. Arav. 2002. Effect of polyunsaturated fatty acid supplementation on biophysical parameters and chilling sensitivity of ewe oocytes. *Mol. Reprod. Dev.* 61:271-278.

<http://www.extension.org/pages/64383/estrategias-para-mejorar-la-reproduccion-durante-el-verano#.VKgpmYHFWK0>



© 2015 eXtension. All rights reserved.