

EFFECTOS DE *STRÉSS* TÉRMICO SOBRE LA FERTILIDAD DEL GANADO BOVINO

H. ROMÁN PONCE, M.V.Z., M.S., Ph. D.

*Programa de Investigación con ganado lechero en clima tropical
Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias. SARH.
Centro Experimental Pecuario Paso
del Toro, Veracruz. México*

I. Introducción	265
11. Asociación de los parámetros climáticos ambientales con la eficiencia reproductiva	266
III. Modificaciones ambientales para reducir los efectos del <i>stréss</i> térmico	272
IV. Mecanismos fisiológicos responsables de la reducción de la fertilidad bajo condiciones de <i>stréss</i> térmico	277
1. Interrelación hormonal	278
2. Temperatura uterina y flujo sanguíneo al útero	285
Referencias	288

I. Introducción

Probablemente el mayor reto que afronta la industria de producción de alimentos de origen animal en nuestros días, es el de aumentar la capacidad de producción para satisfacer las necesidades de alimento que la creciente población humana exige. Una gran posibilidad de incrementar la productividad animal son las áreas territoriales situadas en clima tropical y Subtropical. Aproximadamente dos terceras partes del territorio nacional y mundial se encuentran dentro de las latitudes comprendidas por estos climas. Desafortunadamente las condiciones ambientales en estas áreas son menos favorables para el buen desarrollo de los animales domésticos que en las áreas territoriales

con clima templado. Debido a ello, los índices y eficiencia de producción animal en las zonas tropicales y subtropicales son menores.

Los elementos climáticos más importantes que afectan el desarrollo de los animales domésticos, son: temperatura del aire, humedad relativa, radiación neta, movimiento del aire y presión barométrica (6, 35). Los cuatro primeros, forman el grupo de los elementos térmicos. Las áreas tropicales y subtropicales se caracterizan por presentar, a través del año o durante los meses de verano, valores altos de estos elementos térmicos. La temperatura del aire a través de sus efectos directos o indirectos, es considerada como el elemento climático más importante. La humedad relativa, ocupa probablemente el segundo lugar después de la temperatura, siendo más importante cuando la temperatura es mayor. La radiación solar contribuye a la temperatura y la radiación directa o reflejada, puede impartir una cantidad adicional significante de carga de calor en los animales. El movimiento del aire afecta el ritmo de ganancia o pérdida de calor de la superficie del cuerpo o de la piel (40).

Los efectos del *stréss* térmico sobre la reproducción se basan, quizá, en el principio biológico general por el cual la preservación de la vida tiene preferencia sobre la preservación de las especies, cuando la existencia del individuo está en peligro. Los efectos adversos del *stréss* térmico sobre la reproducción, han sido demostrados en todas las especies de animales domésticos (36, 61, 64).

II. Asociación de los parámetros climáticos ambientales con la eficiencia reproductiva

En el ganado bovino se ha observado baja fertilidad en las áreas tropicales y subtropicales (11, 22, 28, 64). A pesar de que el *stréss* térmico puede afectar a los toros y a las vacas, la reducción de la fertilidad debido a los toros, puede ser eliminada con el uso de la inseminación artificial, ya que el semen puede ser colectado y congelado durante la estación fría del año. Esto fue demostrado por Stott (53) cuando usó semen líquido colectado durante el año en diferentes localidades (Phoenix, Arizona, Palo Alto, California, Columbus, Ohio *EVA.*) para inseminar vacas en Arizona y en otras regiones. En este estudio se observó una disminución estacional significativa en la eficiencia de fertilidad, paralelamente a las altas temperaturas ambientales, la cual fue comparable para todas las fuentes del semen usados en Arizona. Las vacas inseminadas en Palo Alto, California (clima templado), durante el mismo período de tiempo, con semen de los mismos toros, mostraron un alto porcentaje de concepción durante los meses

del verano. Estos resultados indicaron que la hembra fue la principal causa de la baja fertilidad en el verano.

Se han encontrado evidencias de que el bajo porcentaje de concepción y la alta mortalidad embrionaria, son los factores que más contribuyen a la baja eficiencia de fertilidad estacional, en vacas lecheras lactantes, asociado con alta temperatura y humedad ambiental. Se ha sugerido también, que los cambios en la temperatura y humedad ambiental que afectan la fertilidad, están correlacionados estrechamente con el momento de la inseminación, lo cual indica, que éste es probablemente el periodo crítico en el cual la fertilidad es afectada (57~).

El bajo porcentaje de concepción durante los meses de alta temperatura y humedad, se demuestra en la fig. 1, cuya información fue obtenida en un hato de 600 vacas lecheras manejadas bajo las condiciones del clima subtropical de Culiacán, Sinaloa, México (28). Como puede observarse (fig. 1), cuando el índice de temperatura humedad (ITH) aumentó durante los meses de verano el porcentaje de concepción disminuyó. Otros investigadores han reportado también, baja eficiencia reproductiva durante la estación calurosa del año en ganado bovino productor de leche y de carne (5, 11, 12, 16, 23, 26, 27, 29,31,37,41,45,46,51,69) .

Cuando vaquillas Brahman y Shorthorn fueron desarrolladas en temperaturas de 27° E se observó un retardo en la pubertad, comparativamente con vaquillas de las mismas razas, criadas a 10° E; sin embargo las vaquillas Santa Gertrudis no fueron afectadas por las altas temperaturas (9). El retardo en la madurez sexual, debido al *stréss* térmico, fue también observado por Marschang (39); encontrando que la duración del ciclo estral en vaquillas fue mayor bajo condiciones de clima caluroso, aunque la duración y la intensidad del estro fue menor (14, 16, 25, 39).

El Departamento de Agricultura del Gobierno de los Estados Unidos, nevió a cabo cinco experimentos para determinar los efectos de un *stréss* térmico de 32° C, durante un largo período de tiempo, sobre el comportamiento reproductivo en vaquillas de diferentes razas productoras de carne (4). Se encontró que cuando las vaquillas, preparadas para el invierno, fueron expuestas a altas temperaturas, presentaron anestro con inactividad ovárica; sin embargo, para la semana 16, ya se habían aclimatado y el ciclo estral se había reestablecido. En uno de los experimentos, después de que las vaquillas se habían aclimatado, éstas fueron inseminadas y cinco de las seis vaquillas concibieron y parieron becerros normales. De las vaquillas preparadas para el verano, expuestas a 32° C, sólo una de las seis

entró en anestro; sin embargo cuando se expusieron a 38 °C, cinco de las seis vaquillas entraron en anestro. Estos experimentos indicaron que un *stréss* térmico severo puede causar un anestro verdadero aunque las condiciones de *stréss* térmico necesario para ello, son muy difíciles de encontrar bajo condiciones naturales. Además, aparentemente, las vaquillas de ganado de carne, pueden aclimatarse a condiciones de *stréss* térmico.

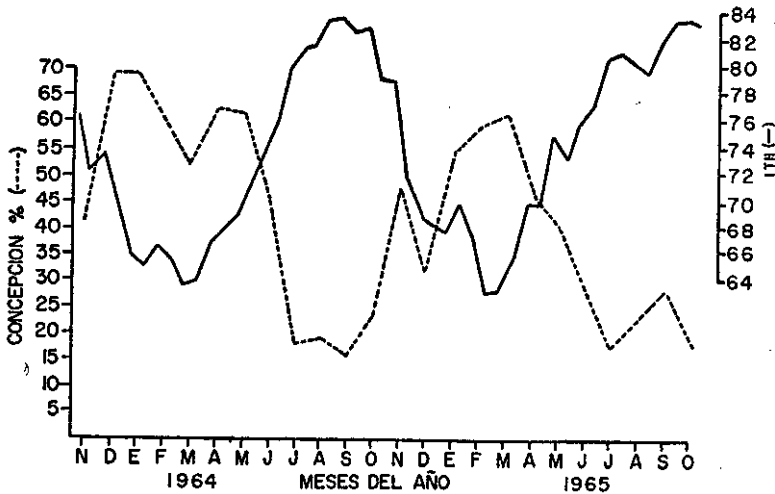


FIG. 1. Asociación del índice de temperatura humedad (ITH) con el porcentaje de concepción.

(Ingraham, *et al.* *J. Dairy Sci.* 56:476, 1974)

Los Ciclos estrales de larga duración (15, 57)" Y una mayor frecuencia de anestros, han sido asociados con el *stréss* térmico en vacas adultas (16, 25, 39). Las altas temperaturas aumentaron la incidencia de las ovulaciones silenciosas (31). Sin embargo, quizá la observación más consistente en vacas expuestas a condiciones de *stréss* térmico, es una reducción en la duración del estro, de las 18 hrs que se consideran normales a una duración de 10 o menos hs (16; 21, 25, 45, 63, 69). Las observaciones de que bajo condiciones de clima caluroso la manifestación del estro es menos intensa y de menor duración, sugieren fuertemente que las prácticas de manejo zootécnico para la detección

de calores en estos, climas es de vital importancia. Las deficiencias en la detección de los calores pueden explicar por qué, bajo condiciones de *stress* térmico, se informa con frecuencia de vacas con ciclos estrales largos y una mayor frecuencia de anestros.

En vacas, se ha encontrado que un aumento en la temperatura corporal, por sí sola, no, es detrimento para la fertilidad, ya que únicamente es de significancia para indicar el estado del estro en que la vaca es inseminada (13), y así mismo, que la temperatura vaginal fluctúa con el ciclo estral, siendo más baja momentos antes del calor o estro, alta en el día del estro, bajando nuevamente al tiempo de la ovulación y alta durante la fase luteal del ciclo (70). Aumentos en la temperatura vaginal hasta de 1.1° C, se observaron en vacas ovariectomizadas tratadas con progesterona (100 a 500 mg), sostenidos durante 3 a 5 días. Se ha observado también en vacas Holstein, que las temperaturas vaginales son más altas durante la estación calurosa que durante la fría (27).

Se ha encontrado (19), que la alta temperatura ambiental un día después de la inseminación; la temperatura uterina y rectal, al momento de la inseminación; el toro utilizado, y los días transcurridos después del parto, tienen un efecto significativo sobre el porcentaje de concepción en las vacas lecheras. En el análisis estadístico de este experimento, cuando se eliminó la temperatura ambiental, se encontró un efecto muy significativo sobre la fertilidad de la temperatura uterina, un día después de la inseminación. En un estudio subsecuente, comprendiendo registros de concepción de un periodo de 12 años, se evaluó el efecto de la edad de la vaca, el inseminador, el mes, el número del servicio, el toro usado, la raza de las vacas y 21 parámetros climáticos, sobre el porcentaje de concepción (22). La temperatura máxima un día después de la inseminación, la precipitación pluvial el día de la inseminación, la temperatura mínima el día de la inseminación, la radiación solar el día de la inseminación y la temperatura mínima un día después de la inseminación, en ese orden, fueron los cinco parámetros climáticos más asociados con la fertilidad. La temperatura ambiental máxima un día después de la inseminación (fig.2) y la radiación solar el día de la inseminación (fig. 3) presentaron una relación curvilínea negativa con respecto al porcentaje de concepción. Cuando la temperatura máxima, un día después de la inseminación, aumentó de 21 a 35° C, el porcentaje de concepción disminuyó de 40 a 31%. Una reducción similar en la concepción se observó cuando la radiación solar aumentó de 300 a 800 Langleys¹

¹ Langley es una unidad de radiación solar, que equivale a un gramo, de caloría por centímetro cuadrado de superficie ilTadia~da.'

Los resultados experimentales previamente discutidos, claramente sugieren la importancia de las condiciones ambientales al momento de la inseminación y la fertilización, sobre la fertilidad en el ganado bovino. Así, los cambios en la temperatura y humedad ambiental, alrededor del tiempo de inseminación, están asociados con el porcentaje de concepción (56); y el menor porcentaje de concepción, ha sido observado en vacas con altas temperaturas corporales (37; 62, 65). Además de una correlación negativa (-.51), entre el porcentaje de concepción y la temperatura rectal, se ha observado un más alto porcentaje de concepción (48%) en vaquillas Herford expuestas a 21.1 ° C, que en vaquillas expuestas a 32.2° C (0%), por 72 hrs consecutivas después de la monta directa (11).

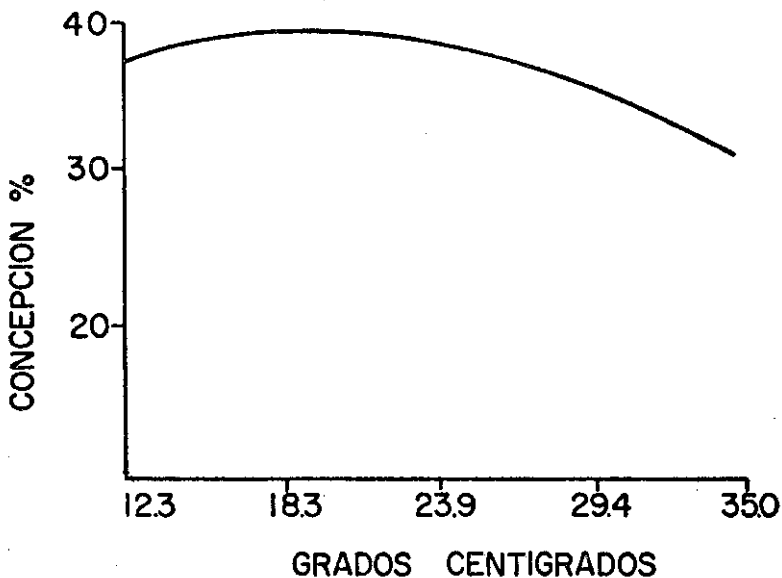


FIG. 2. Relación de la temperatura máxima un día después de la inseminación con respecto al porcentaje de concepción;

(Gwazdauskas, *et al. J. Dairy Sci.* 58: 88, 1975)

En desacuerdo con los autores que sostienen la idea de que los efectos del *stréss* térmico son más críticos durante los primeros días después de la inseminación, Ingraham y Col. (28) sugieren que el

promedio del índice de temperatura-humedad, durante el día dos, antes de la inseminación, estuvo más relacionado con la concepción. El porcentaje de concepción disminuyó de 55% a 10% cuando el promedio del índice temperatura-humedad aumentó de 70 a 84. Quizá los efectos ambientales sobre la fertilidad, desde el punto de vista práctico, son tan importantes antes de la inseminación como después de élla.

Los investigadores en Arizona (67) no fueron muy exitosos en mejorar la eficiencia reproductiva, en vacas lecheras, cuando las vacas

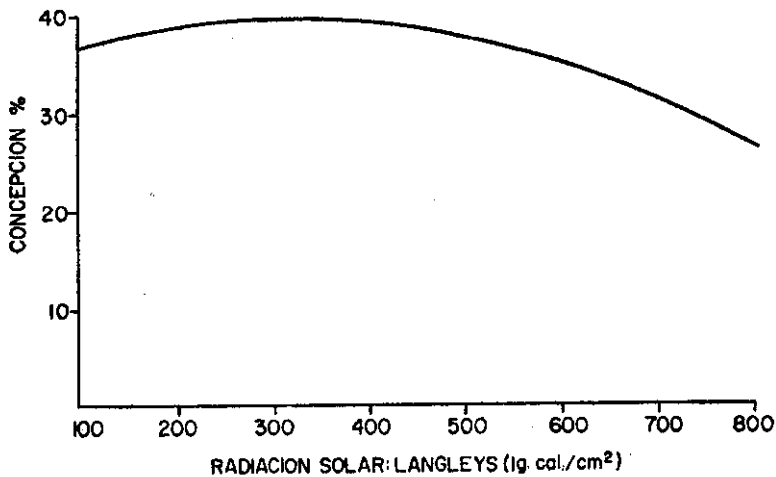


FIG. 3. Relación de la radiación solar el día de la inseminación con el porcentaje de concepción.

fueron confinadas bajo condiciones de aire acondicionado por algunas horas después de la inseminación (18 a 200 hrs). El porcentaje de concepción de las vacas confinadas con aire "acondicionado" fue de 26% en comparación de un 17% de las vacas testigo; durante el siguiente verano, el periodo de confinamiento se incrementó sistemáticamente de 4 a 6 días. El porcentaje de concepción de las vacas con aire acondicionado y de las vacas testigo expuestas a condiciones de *stréss* técnico, fue de 32.5% y 26% respectivamente. Sin embargo, cuando

estos investigadores mantuvieron las vacas en un sistema de enfriamiento por evaporación del agua durante todo el verano, los resultados de fertilidad mejoraron considerablemente. El porcentaje de concepción para las vacas bajo el sistema de enfriamiento fue de 58% en comparación de un 35% de las vacas testigo, las cuales, tuvieron acceso solamente a una simple estructura que proveía sombra. El mismo éxito se obtuvo posteriormente bajo condiciones comerciales usando el mismo sistema de enfriamiento (55). Resultados similares en fertilidad fueron observados por Thatcher y Col (59) cuando las vacas lecheras fueron mantenidas continuamente en aire acondicionado o solamente durante las horas del día, a través de toda la estación de verano.

m. Modificaciones ambientales para reducir los efectos del estrés térmico

.Existen diferentes sistemas de manejo zootécnico que pueden ser utilizados para modificar el microambiente del ganado bovino. Sistemas tales como los del aire acondicionado total o parcial, el de enfriamiento por evaporación del agua, el de enfriamiento zonal y el de diferentes tipos de sombreaderos. El uso de la refrigeración mecánica para controlar completamente la temperatura y la humedad en construcciones para vacas lecheras, con el propósito de aumentar la producción láctea, ha sido limitada principalmente a instalaciones experimentales (24) ~Se considera~que \$610 en caso de vacas excepcionalmente buenas productoras (32 kg(vaca/día) el sistema de aire acondicionado completo podría ser quizá económicamente redituable, basándose sólo en un aumento de la producción de leche (25).

En un estudio realizado en Florida (59), el uso de aire acondicionado durante todo el día o de aire acondicionado parcial durante diferentes partes del día, permitieron aumentos graduales hasta del 9.4% en la producción de leche, corregida al 4% de grasa. El porcentaje de concepción fue mejor para las vacas expuestas al aire acondicionado, continua o solamente durante las horas del día (39.4%), que las vacas sin aire acondicionado o con aire acondicionado solamente durante la noche (28.3%). Las diferencias en la producción de leche encontradas ~en Florida con el uso de aire acondicionado, están de acuerdo con los aumentos de producción observados en Missouri (23), Ohio (52) y Louisiana (29), en donde también se utilizó aire acondicionado. Consecuentemente, controlando el clima por medio de refrigeración mecánica y equipo de ventilación se puede reducir el *estrés*, restaurando parcialmente la producción de leche

y los niveles de reproducción. Sin embargo, desde el punto de vista económico, este sistema no es recomendable. Además, algunos problemas físicos como son la filtración de polvo y la acumulación de amoníaco, descartan prácticamente su aplicación (59).

Obtener las condiciones ambientales óptimas en términos de producción, no es a menudo el óptimo en términos económicos. Se han realizado varios estudios para evaluar la efectividad y redituabilidad del enfriamiento parcial o de algunas otras modificaciones ambientales, en lugar de los sistemas de aire acondicionado completo. Dos alternativas han sido investigadas: enfriar parte del cuerpo de la vaca como el cuello y la cabeza (enfriamiento zonal) o enfriar parcialmente, por medios naturales o artificiales, el microambiente de la vaca. En un estudio en Louisiana (50), se evaluó el efecto de enfriamiento zona! (cabeza y cuello) durante los meses de verano, sobre la producción y la composición de la leche, la temperatura rectal y el ritmo respiratorio, en una prueba experimental continua de 5 semanas. El aire que respiraban las vacas fue 8.40 e más frío durante el medio día y 3.00 e durante la noche. Las vacas en el tratamiento de enfriamiento zonal produjeron 19% más leche y tuvieron menor frecuencia respiratoria y temperatura rectal que las vacas testigo, mantenidas a 28.1⁰ e y 7+% de humedad relativa. Las posibilidades de aplicación práctica del enfriamiento zonal son muy limitadas, por las mismas Tazones económicas que el aire acondicionado completo, y además, debido a que en los sistemas modernos de manejo Zootécnico se utilizan corrales abiertos o corraletas libres.

Otra alternativa para modificar el ambiente, es el enfriamiento por evaporación del agua. Este es un proceso en el cual el calor no se remueve ni se añade a la atmósfera, sino que, la disminución de la temperatura del aire resulta del calor necesario para evaporar el agua. A estos cambios en temperatura se les designa como cambios adiabáticos de temperatura, los cuales son similares a los qué se operan durante el ascenso y descenso de grandes masas de aire, en donde los cambios en temperatura se deben a procesos mecánicos dentro de las mismas masas de aire y no a adición o substracción de calor desde algún punto exterior. El agua es agregada a la atmósfera fría, así que la reducción de temperatura va acompañada por un aumento en el contenido de humedad o humedad relativa. Bajo condiciones de explotación comercial de ganado lechero, los investigadores de Arizona EVA., han obtenido reducciones en la temperatura del aire de 9.80 e y hasta de 12⁰ C, con el uso de este sistema de enfriamiento. Ambas, la fertilidad y la producción de leche, se mejoraron en vacas expuestas a los sombreaderos fríos (55). Sin embargo, debido a que

el enfriamiento por evaporación de agua requiere de la adición de agua al medio ambiente, la efectividad de este sistema está limitado por la habilidad del aire para absorber cantidades adicionales de agua. Consecuentemente, el sistema de enfriamiento por evaporación de agua, será más efectivo en climas secos y áridos, que en climas con alta humedad ambiental.

Es muy probable que las modificaciones ambientales simples, como los sombreadores, puedan ser más factibles para la industria lechera en áreas tropicales y subtropicales. McDowell (40) señala que la forma económica más práctica de ayudar a los animales a mantener su balance térmico, en los climas calurosos, es el proveer algún control sobre las radiaciones térmicas que llegan a ellos. Este autor estima que del total del calor radiante al que el animal es expuesto, cuando no dispone de sombra, aproximadamente el 50% viene directamente de la radiación solar y de la radiación solar reflejada de las nubes y otras partículas atmosféricas, y el 50% del calor restante, proviene de la radiación solar que se refleja del suelo, de otros objetos alrededor y del horizonte.

Como se mencionó anteriormente, la radiación solar fue un factor climático, que estuvo cuantitativamente relacionado con la concepción (fig. 2). Si la radiación solar contribuye a la carga de calor en el animal, fue de interés práctico determinar si una simple estructura para sombreadero podría mejorar la producción y reproducción del ganado al reducir la radiación solar neta. Con este propósito se construyó, en la Universidad de Florida, un sombreadero con capacidad para alojar de 30 a 33 vacas lecheras (47). La estructura fue de 9.1 metros de ancho por 24.4 metros de largo con 3.7 metros de altura; el techo de lámina galvanizada, era de color blanco en la cara superior y en la cara interna se colocó un material sintético aislante. La construcción tenía una orientación de Este a Oeste, para proveer una máxima eficiencia de sombra; el piso era de concreto, con un desnivel del 2%, el cual se lavaba automáticamente por las tardes cuando las vacas eran ordeñadas. Dentro de la estructura, las vacas fueron provistas de comederos y bebederos. Junto al sombreadero al Este, había una área de zacate bermuda (1 Ha.) sin comederos o bebederos y sin sombra artificial o natural, a la cual las vacas tenían libertad de acceso durante las 24 hrs del día. Al Norte del sombreadero, había una área comparable, de zacate bermuda, sin sombra artificial o natural, pero con comederos y bebederos, similares a los que existían en el sombreadero. Las vacas manejadas en esta área, sirvieron como el grupo testigo sin sombra. La alimentación, la ordeña y el manejo general, fueron similares en los dos grupos de vacas.

La eficiencia reproductiva y la producción de leche fueron registradas durante los veranos de 1974 -empezando el 28-VIII-74- y de 1975 -empezando el 25-V-75-, utilizando 39 y 77 Vacas respectivamente. Las vacas se distribuyeron al azar en los tratamientos con sombra y sin sombra. El único parámetro climático, de los que se monitorearon, que resultó ser diferente entre áreas, fue la temperatura del termómetro de bola negra (cuadro 1). La diferencia promedio en

CUADRO 1

DATOS CLIMATOLÓGICOS ¹ PARA LAS LOCALIDADES CON SOMBRA Y SIN SOMBRA

<i>Parámetro</i>	<i>Sombra</i>	<i>Sin sombra</i>
Temperatura del aire, °C	27.5	27.9
Temperatura del termómetro de bola negra, °C	28.4	36.7**
Temperatura de condensación del agua, 0 C	23.7	23.7
Velocidad del viento, km/hr	7.6	7.2

"
■ $p > 0.01$

¹ Verano de 1975.

(Román-ponce, *et al.*, *J. Dairy Sci.* 60:424. 1977)

temperatura, del termómetro de bola' negra entre áreas, fue de 8.30 C. Esta diferencia fue mucho mayor (120 C) durante las horas más calurosas del día (fig. 4). La temperatura del termómetro de bola negra, integra el efecto de la radiación neta, la temperatura del aire y la velocidad del viento. Si no se detectaron diferencias mayores en la temperatura del aire, la temperatura de condensación de agua o en la velocidad del viento, una reducción en la radiación neta es, probablemente, la diferencia importante entre las áreas con sombra y sin sombra.

Las vacas con sombra, tuvieron menos respiraciones por minuto (54 contra 82) y menor temperatura rectal (38.9 contra 39.4⁰ C) que las vacas sin sombra. Esto también se reflejó cuando el ritmo respira-

tóro y la temperatura rectal se midieran cada 2 hrs por periodos de 2+ hrs en 6 vacas con sombra y 6 vacas sin sombra (fig. 5 Y 6). El mejor estado de confortabilidad de las vacas con sombra resultó en una producción mayor diaria de leche, consistente en un 10.6%. Estas respuestas en producción, durante los meses calurosos del verano, en un ambiente subtropical húmedo con sombreaderos, son similares a las respuestas de producción de las vacas expuestas a los enfriadores Por evaporación de agua en el clima subtropical seco de Arizona (55).

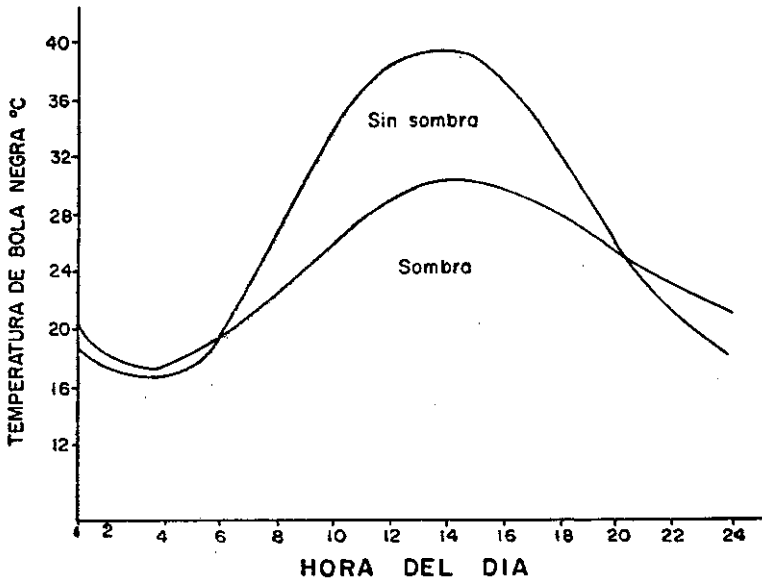


FIG. 4. Temperatura del termómetro de bola negra durante las 24 horas del día en las áreas con sombra y sin sombra.

(Román-Ponce, et al. *J. Dairy Sci.* En prensa. 1-7-77) •

El porcentaje de concepción para todos los servicios, fue mejor en las vacas expuestas a la sombra, que registraron un 44.4% contra 25.3% en las vacas sin sombra (cuadro 2.) Es interesante hacer notar que a pesar de que las vacas del grupo control no disfrutaron de sombra natural o artificial presentaron un 25% de concepción. Esto sugiere que algunas vacas tienen capacidad innata para reproducirse aun en condiciones ambientales muy adversas. Los resultados de este experimento indicaron que al proporcionar sombra adecuada, con alimento y

agua dentro de la estructura, y con una área de potrero adjunta, para que las vacas descansaran y pudieran irradiar su carga de calor durante las horas de la tarde y la noche, el microambiente animal se alteró, la frecuencia respiratoria y la temperatura corporal fueron menores; y se obtuvo una mejor producción de leche y una mejor eficiencia reproductiva. Además este sistema de manejo con el sombreadero, fue un excelente modelo experimental práctico, en el cual se pudieron estudiar varias respuestas fisiológicas y endócrinas, de vacas lactantes a condiciones de *-stréss* térmico, que se sabía afectaban la eficiencia

reproductiva.

IV. Mecanismos fisiológicos responsables de la reducción de la fertilidad bajo condiciones de *stréss* térmico

Los mecanismos por los cuales el *stréss* térmico inhibe la fertilidad, han sido objeto de intensa investigación en muchas especies animales. Una clara y bien documentada respuesta a este problema no existe todavía. Las respuestas del animal, al *stréss* térmico que afecta la ferti-

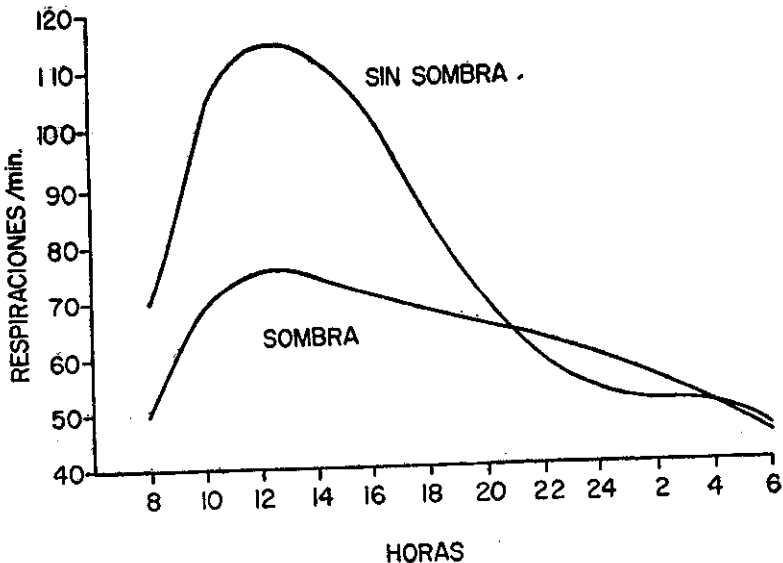
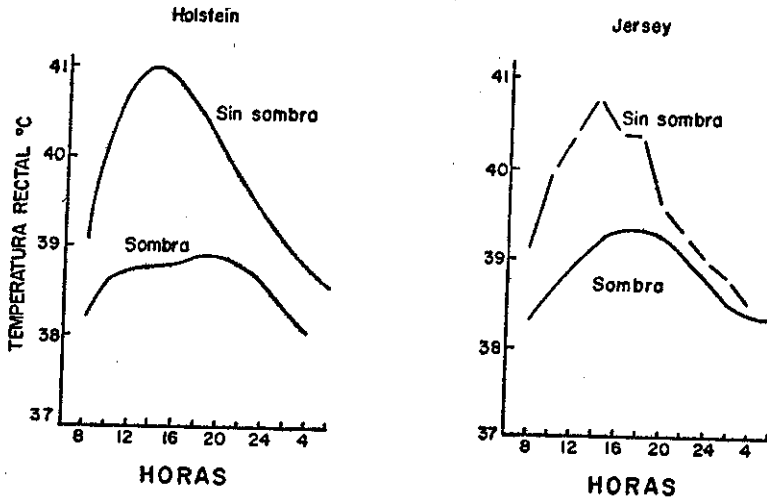


FIG. 5. Frecuencia respiratoria de vacas con sombra y sin sombra. (Román-Ponce, *et al. j. Dairy Sci.* 60:424, 1977)



FZG. 6. Temperatura rectal de vacas con sombra y sin sombra.
(Román-Ponce, *et al. J. Dairy Sci.* 60:424, 1978)

lidad, son probablemente muy variadas, interrelacionadas y difíciles de separar, simplemente como un efecto directo de la temperatura, o de un desequilibrio hormonal, o de un efecto nutricional, o de una respuesta del sistema nervioso central o de un efecto bioquímico. No cabe duda que el "síndrome de infertilidad debido al *strés* técnico", es debido a una combinación de todos estos factores, los cuales comprometen el bienestar del zigoto y/o embrión en su microambiente uterino (60).

1. Interrelación hormonal

Una hipótesis lógica es que el *strés* térmico altera el balance hormonal de los animales, lo cual interferiría con los procesos reproductivos. Sin embargo los resultados de la investigación, hasta la fecha, no son consistentes al documentar las variadas respuestas hormonales al *strés* térmico. Esto es debido probablemente, a que las investigaciones realizadas en esta área de estudio se han efectuado bajo condiciones de ambiente y de metodología variables.

En otro estudio, en la Universidad de Florida, se determinaron los cambios hormonales diarios de estradiol, estrona, progesterona, hormona luteinizante y corticoides, en el plasma sanguíneo, a través del ciclo estral, en cinco vacas lecheras lactantes bajo las condiciones

RESPUESTA REPRODUCTIVA EN EL EXPERIMENTO DE SOMBRAa Y SIN SOMBRA.a 1974 y 1975

	<i>Sombra</i>	<i>Sin sombra</i>
N° de vacas	57	59
N° total de servicios	54	75
N° de vacas gestantes	24	19
Porcentaje de concepción	44.4	25.3**
Total de servicios/total de gestaciones	2.25	3.95
N° de muertes embrionarias	0	2

**P<.05

a) En el tratamiento de sombra fueron 31 vacas Holstein, 15 Jersey, 8 Guernsey y 3 Pardo Suizo; en el tratamiento' sin sombra fueron 32 vaca. Holstein, 16 Jersey, 8 Guernsey y 6 Pardo Suizo.

del sombreadero descrito anteriormente y en cuatro vacas testigos sin sombra (49). Las 9 vacas, fueron 'seleccionadas de un total de 66 que fueron asignadas al experimento durante el verano de 1976. Las vacas con sombra consumieron 9.7% más forraje por día, que las que estaban sin sombra; el consumo de agua, en los dos grupos de vacas, fue mayor durante las horas del día, comprendidas entre las 08:30 hrs a las 17:00 hrs (2.6. 11h vaca), que durante las horas de la tarde y la noche, de las 17:00 hrs a 08:30 hrs (2.0 11h vaca). Las vacas sin sombra, a través de todo el verano, consumieron 19% más agua que las vacas con sombra, durante un periodo de 24 horas.

Las muestras del plasma sanguíneo para la determinación de las hormonas se obtuvieron por medio de catéteres implantados en forma fija, durante todo el experimento, en la vena yugular. En esta forma, la molestia a la hora de tomar la muestra, fue mínima para la vaca. Las muestras sanguíneas se colectaron diariamente, entre las 11:00 y las 15:00 hrs, desde el día en que se observaron las vacas en estro.

hasta dos días después del siguiente estro. Las determinaciones hormonales se hicieron con técnicas específicas de radioinmunoensayo, para cada una de las hormonas estudiadas. El promedio de duración del ciclo estral para todas las vacas fue de 21.0 días, y no hubo diferencias entre los tratamientos.

Los promedios generales de las concentraciones hormonales encontradas, se presentan en el cuadro 3. El promedio de la concentración de los corticosteroides en el plasma fue mayor en las vacas sin sombra con 13.0 ng/ml contra 8.7 ng/ml de las vacas con sombra. Esta diferencia fue consistentemente mayor a través del todo el ciclo estral. Varios informes en la literatura indican que la concentración de corticoides disminuye (1, 3, 8, 33, 54) o que no cambia (21, 34, 42) en vacas bajo condiciones crónicas de *stréss* térmico, mientras que, bajo condiciones agudas de *stréss* térmico, la concentración de corticoide, aumenta (2, 8, 66).

Bajo las condiciones del experimento de las vacas lactantes, con y sin sombra, las vacas sin sombra, tuvieron una concentración de corticoides mayor, cuando fueron muestreadas al mediodía, horas

CUADRO 3

CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE DIFERENTES HORMONAS A TRAVÉS DEL CICLO ESTRAL EN LAS VACAS CON O SIN SOMBRA

<i>Hormona</i>	<i>Sombra</i>	<i>Sin sombra</i>
N° de vacas	5	4
Progesterona, ng/ml	1.6	1.9
Estradiol, pg/ml	7.8	8.5
Estrona, pg/ml	3.4	4.1
Estradiol/Progesterona	36.2	32.0
HL, ng/ml	3.9	5.5
Corticoides, ng/ml	8.7	13.0**

**p > .01

(Román-ponce, et al. *J. Dairy Sci.* En prensa. 1978)

en las que las diferencias en la temperatura del termómetro de bola negra, la temperatura rectal y el ritmo respiratorio entre tratamientos, fueron mayores. Estas diferencias ambientales y fisiológicas entre tratamientos, fueron menores y similares durante la noche y las horas de la mañana (figs. 2, 3 Y 4). Es posible que las vacas sin sombra, expuestas a esta variación ambiental a través de las 24 horas del día, pudieron haber desarrollado diariamente un estado de *Strés* agudo, lo cual resultó en una elevada concentración de corticoides al mediodía. Las -concentraciones de progesterona en el plasma sanguíneo, fueron más altas en las vacas sin sombra a través de todo el ciclo estral (fig. 7). Los cambios en la concentración de progesterona durante el ciclo,

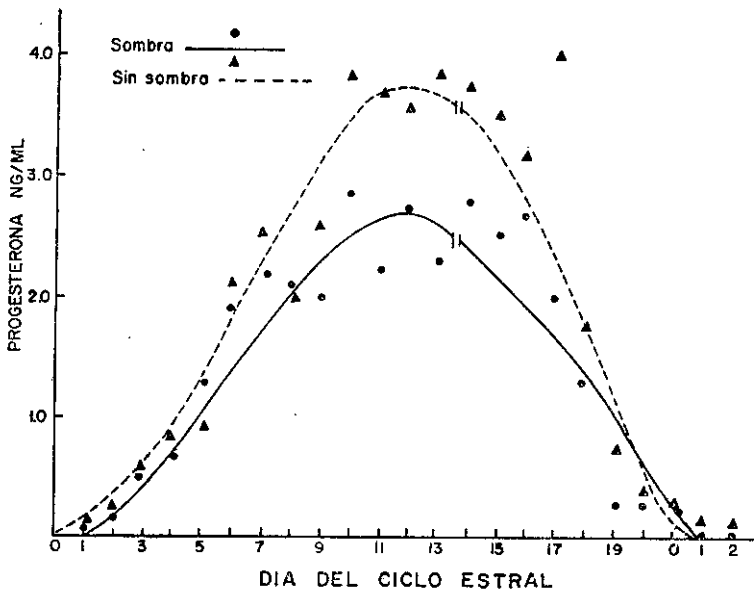


FIG. 7. Concentraciones de progesterona en el plasma sanguíneo a través del ciclo estral de vacas con sombra y sin sombra.

(Román-Ponce, *et al.*]. *Dairy Sci.* En prensa. 1978)

reflejan periodos de desarrollo, mantenimiento y regresión del cuerpo lúteo. La concentración de progesterona en el plasma sanguíneo en vacas lecheras en respuesta al *strés* térmico, se ha encontrado que es alto (32,44, 63, 68), bajo (54), o relativamente constante (21, 32, 43). Estos diferentes resultados experimentales, quizá se deben a

diferencias en el grado del 'stréss térmico (intensidad y tiempo de exposición), la adaptación, la sensibilidad del diseño experimental y las condiciones ambientales. A pesar de que las concentraciones diarias de progesterona fueron más altas en las vacas sin sombra, estas concentraciones caen dentro del rango aceptado normalmente en la literatura (7, 10, 30, 58).

Asociado con los niveles mayores de progesterona en las vacas sin sombra, se observó una mayor concentración basal de hormona luteinizante (HL) a través del ciclo estral. La HL es la hormona luteotrófica en los bovinos y pudo haber contribuido a la mayor concentración de progesterona observada en las vacas sin sombra (7).

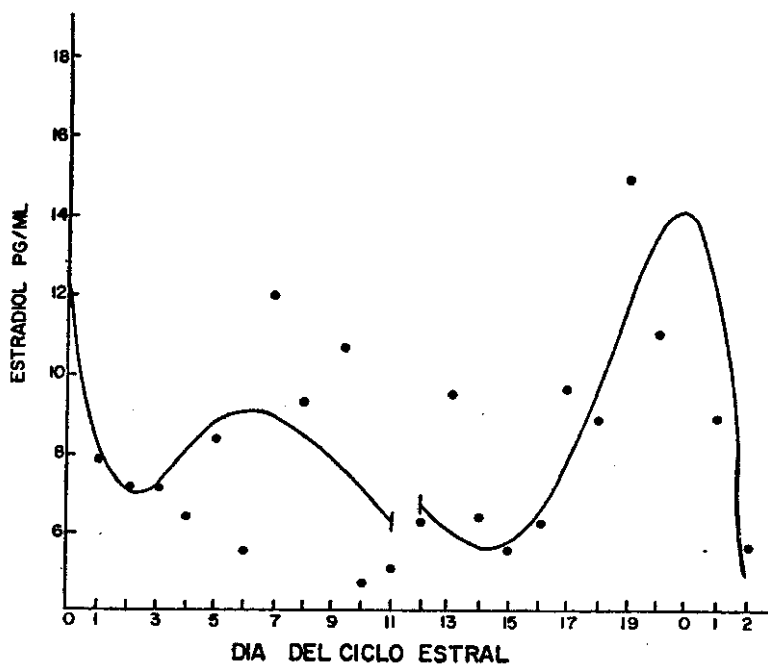


FIG. 8. Concentraciones combinadas del estradiol en el plasma sanguíneo a través del ciclo estral con vacas con sombra y sin sombra. (Román-Ponce, et al. *J. Dairy Sci.* En prensa. 1978)

No se detectaron diferencias en cuanto a la concentración de estradiol y estrona en el plasma sanguíneo de las vacas con y sin sombra. La curva combinada para los dos tratamientos de la concentración

del estradiol, a través del ciclo estral, se presenta en la fig. 8. Los cambios de estradiol a través del ciclo estral reflejan el aumento típico durante los días del proestro; la disminución drástica, el día del estro y una tendencia curvilinea entre los días 6 y 9 del ciclo estral. El aumento de estradiol durante la fase lútea, probablemente representa la secreción proveniente de los folículos que se desarrollan durante los días intermedios del ciclo estral (38). Los cambios de estradiol observados durante el ciclo estral, fueron comparables a los reportados por otros investigadores (17).

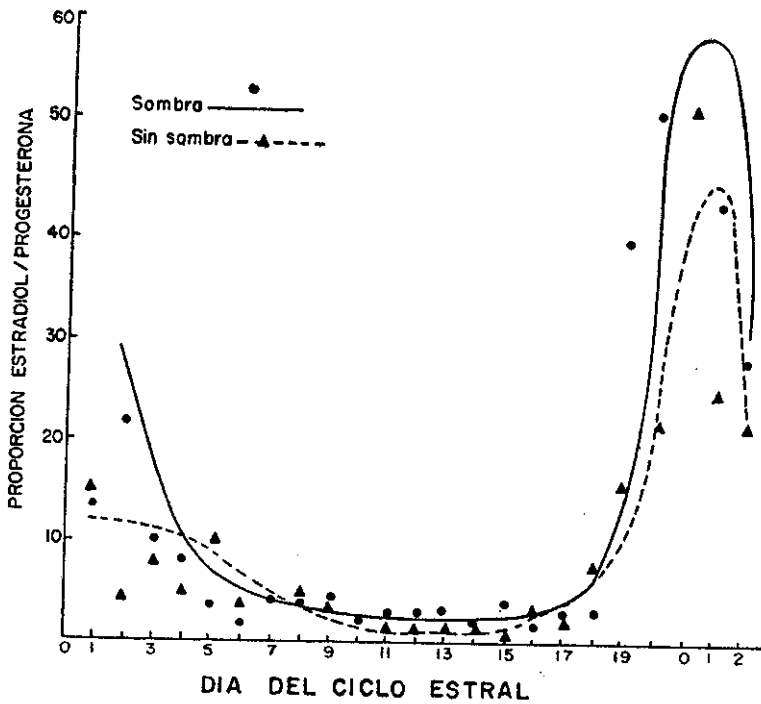


FIG. 9. Concentración proporcional de estradiol (ng) y progesterona (pg) en el plasma sanguíneo, a través del ciclo estral en vacas con sombra y sin sombra. (Román-Ponce, et al. *I. Dai" & i.* En prensa. 1978)

El aumento de estradiol durante los días del proestro (día 17 a! 21) fue menor en las vacas sin sombra, pero no en magnitud y duración suficientes como para alterar las concentraciones entre los trata.

mientos, a través de todo el ciclo estral. Se observó también un menor aumento en estradiol, durante el proestro, en vaquillas bajo condiciones de *strés* térmico (320 e contra 21⁰ e), mantenidas en cámara climática (21). Los cambios hormonales en este experimento, se monitorearon cada 6 horas. El *strés* térmico en ambos experimentos, no evitó el aumento del estradiol en el proestro y la inducción de la manifestación del calor o estro.

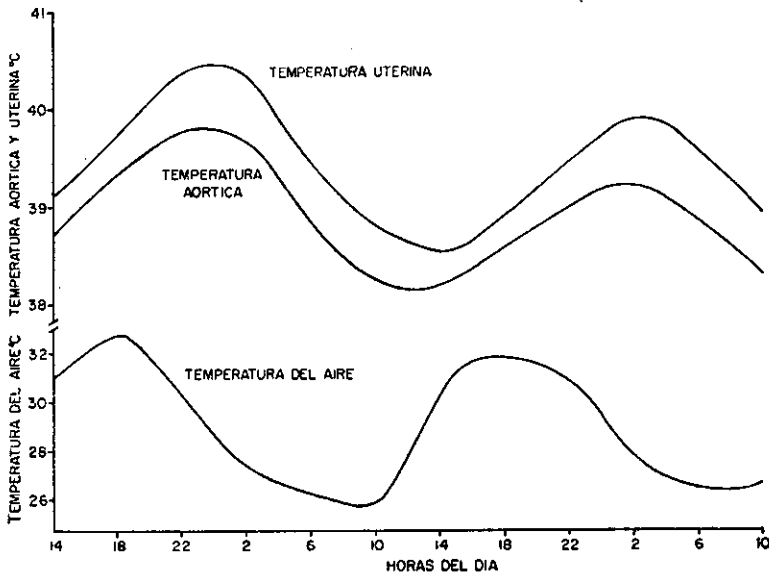


FIG. 10. Asociación de la temperatura del aire con la temperatura uterina y la temperatura de la sangre aórtica.

(Gwazdauskas, F. C. *Ph.D. Thesis* University of Florida, 1974)

La proporción estradiol: progesterona, es probablemente crítica en el control del flujo sanguíneo al tracto reproductivo. Esta proporción fue menor en las vacas con el tratamiento sin sombra durante las fases del proestro, estro y metaestro (fig. 9). Esta diferencia, pudo haber causado una disminución del flujo sanguíneo al tracto reproductivo de las vacas en el grupo sin sombra. La significancia de este efecto será discutida posteriormente.

Las concentraciones hormonales transitorias en los dos grupos de vacas (con sombra y sin sombra), indicaron que el *strés* térmico,

con la magnitud observada en este estudio, no inhibió la continuidad de los ciclos estrales. La caída de progesterona, asociada con la regresión del cuerpo lúteo y el aumento de estradiol durante el proestro, fueron suficientes para inducir el pico preovulatorio de HL y la presentación del estro.

2. Temperatura uterina y flujo sanguíneo al útero

Como anteriormente se describió, la temperatura uterina al momento de la inseminación está relacionada con el porcentaje de concepción en los bovinos. -Varios investigadores han reportado efectos directos adversos de altas temperaturas sobre los embriones durante sus primeras fases de desarrollo y sobre los espermatozoides (61, 62). Consecuentemente, los factores que controlan la temperatura uterina en las vacas son de primordial importancia.

En la fig. 10, se muestran las variaciones en las temperaturas de la serosa uterina y de la sangre aórtica, de una vaca Guernsey, asociadas con la temperatura del aire, durante un período de 40 hrs de registro continuo (18). La vaca se mantuvo bajo condiciones de *stréss* térmico y, amarrada en el establo, las temperaturas fueron monitoreadas con termocómulos implantados quirúrgicamente dentro de la serosa uterina y la aorta abdominal. La temperatura uterina fue siempre más alta que en la aorta. Después de que la temperatura del aire aumentó, pasó un tiempo, antes de que ambas, la temperatura uterina y de la aorta, aumentarían. Es de interés, la observación de que la temperatura uterina pareció aumentar a mayor ritmo que la temperatura en la aorta y que alcanzó una temperatura, -arriba de los 40° C. Temperaturas uterinas de esta magnitud, son suficiente para inhibir el desarrollo embrionario.

Los cambios relativos, en la diferencia de temperaturas entre el útero y la sangre aórtica, son una medida indirecta de los cambios en el flujo sanguíneo al útero, en la vaca (20). Por ejemplo, una inyección de estradiol, 10 cual aumenta el flujo sanguíneo al útero, causa una disminución en la diferencia entre la temperatura arterial y la serosa uterina. Así mismo, un aumento en la diferencia entre esta temperatura, indicaría una disminución en el flujo sanguíneo al útero. Los cambios de temperatura en la fig. 10, sugieren que el flujo sanguíneo al útero pudo haber disminuido durante los periodos de *stréss* térmico cuando la temperatura en la aorta fue elevada.

Para probar la hipótesis de que el flujo sanguíneo que llega al útero se reduce- debido al *stréss* térmico, se diseñó un experimento .en el cual se usó el modelo de tratamientos de sombra y sin sombra,

descritos anteriormente. Se implantaron, quirúrgicamente, medidores electrónicos del flujo sanguíneo alrededor de un segmento de una de las arterias uterinas medias, en tres vacas Pardo Suizo, previa-

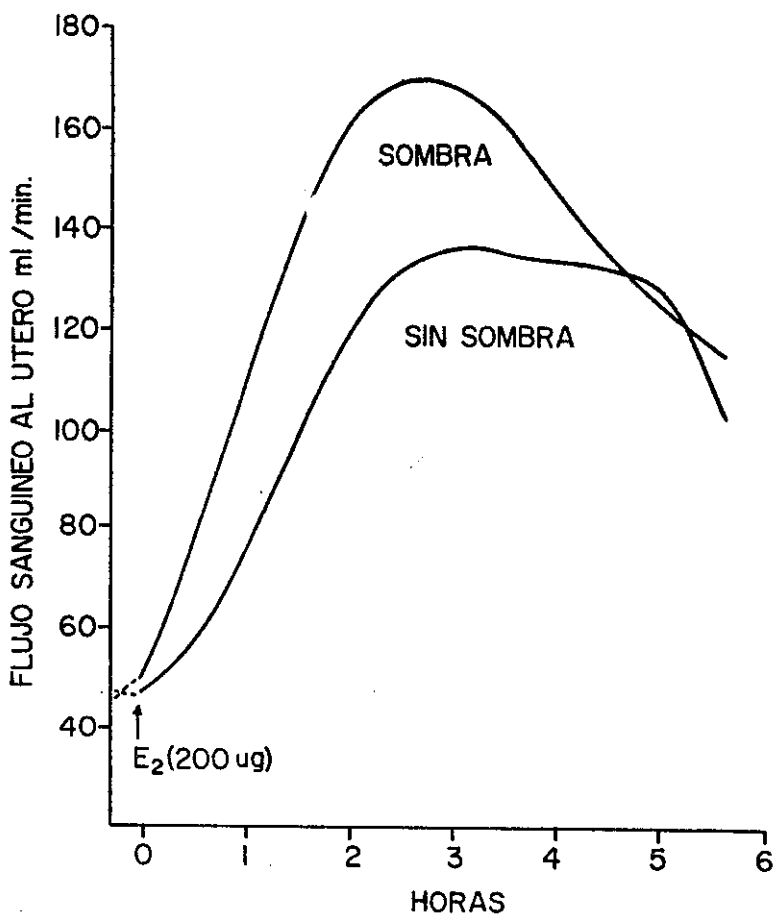


FIG. 11. Respuesta del flujo sanguíneo al útero después de una inyección de estradiol de vacas con sombra y sin sombra.

(Román-Ponce, *et al. j. Anim. Sci.* 46: 175, 1978)

mente ovariectomizadas. El flujo sanguíneo al útero (ml/min) en esta forma, pudo ser medido directamente (48)'. Cada vaca recibió una serie de inyecciones intravenosas de estradiol (200 µg). La res-

puesta subsecuente del flujo sanguíneo a la inyección de estradiol fue el parámetro a medir. Cada vaca recibió un mínimo de dos inyecciones bajo ambas condiciones climáticas, de tal forma que en total fueron 7 mediciones de la respuesta del flujo sanguíneo bajo las condiciones del sombreadero y 7 bajo las condiciones del tratamiento testigo sin sombra.

Aproximadamente 45 min después de la inyección de estradiol, el flujo empezó a aumentar, obteniéndose el máximo aumento de 3 a 3.5 hrs después (fig 11). La respuesta a la inyección de estradiol de las vacas bajo la estructura de sombra, fue mayor que cuando las mismas vacas se expusieron al tratamiento sin sombra. Las vacas con sombra, tuvieron en general una mayor respuesta, consistente en un 17.4%, que las vacas sin sombra. Los resultados de este experimento indican, que las condiciones de *stress* térmico que se sabe reducen la fertilidad en el ganado bovino productor de leche bajo condiciones prácticas de campo, reducen también la respuesta del flujo sanguíneo al útero, después de la inyección de estradiol. La disminución de este flujo, puede afectar la disponibilidad de agua, nutrientes y hormonas al útero, lo cual podría estar relacionado con la inhibición de los procesos reproductivos que se han observado en las vacas expuestas a climas calurosos. Además una reducción en el flujo sanguíneo al útero, disminuiría la disipación de calor y podría inducir, como se muestra en la fig. 10, un aumento de la temperatura uterina, que por sí sola podría ser detrimental para la fecundación y el desarrollo embrionario. El Óvulo fertilizado, el embrión en desarrollo y el espermatozoide depositado en el tracto reproductivo, son sensibles a temperaturas elevadas. Además, estas estructuras biológicas, requieren de nutrientes y hormonas en proporción adecuada y oportuna para que la gestación sea exitosa.

Se necesitan muchos estudios en esta área, para determinar las alteraciones fisiológicas precisas por las cuales el *stress* térmico disminuye la fertilidad en el ganado bovino, así como para encontrar las prácticas de manejo zootécnico, más apropiadas, tendientes a contrarrestar estos efectos negativos del medio ambiente. Sin embargo, bajo condiciones prácticas en el campo, de acuerdo con los resultados experimentales discutidos en este trabajo, es obvio que pequeñas modificaciones ambientales, como el proveer de, sombra adecuada durante 10s meses calurosos del verano, resultará en una mejor respuesta en la producción y la reproducción del ganado bovino.

REFERENCIAS

1. Ahilay, T. A., Johnson, H. D., and Madam, W. Influence of environmental heat on peripheral plasma progesterone and cortisol during the bovine estrous cycle. *J. Dairy Sci.* 58: 1836, 1975.
2. Álvarez, M. B., and Johnson, H. D. Environmental heat exposure on cattle plasma catecholamine and glucocorticoids. *J. Dairy Sci.* 56: 189, 1973.
3. Bergman, R. K., and Johnson, H. D. Temperature effects on plasma cortisol of cattle. *J. Anim. Sci.* 22:854, 1963.
4. Bond, J., and McDowell, R. E. Reproductive performance and physiological responses of beef females as affected by a prolonged high environmental temperature. *J. Anim. Sci.* 35:820, 1972.
5. Branton, C., Hall, J. C., Stoue, E. J., Lank, R. B. and Frye, J. B. Jr. The duration of estrus and length of estrus cycles in dairy cattle in a subtropical climate. *J. Dairy Sci.* 40:628, 1957.
6. Brody, S. Physiological backgrounds. *Mo. Ag. Exp. Sta. Res. Bul.* 423, 1948.
7. Chenault, J. R. Thatcher, W. W., Kalra, P. S., Abrams, R. R., and Wilcox, C. J. Transitory changes in plasma progesterins, estradiol, and luteinizing hormone approaching ovulation in the bovine. *J. Dairy Sci.* 58: 709, 1975.
8. Christison, G. I., and Johnson, H. D. Cortisol turnover in heat-stressed cows. *J. Anim. Sci.* 35: 1005, 1972.
9. Dale, H. D., Ragsdale, A. D., and Cheng, C. S. Effect of constant environmental temperatures of 50 and 80 F on appearance of puberty in beef calves. *J. Anim. Sci.* 18: 1263, 1959.
10. Donaldson, L. D., Bassett, J. M., and Thorburn, G. D. Peripheral plasma progesterone concentration of cows during puberty, estrus cycles, pregnancy and lactation, and the effects of undernutrition on progesterone concentration. *J. Endocr.* 48 :599, 1970.
11. Dunlap, S. E., and Vincent, K. C. Influence of postbreeding thermal stress on conception rate in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 32:1216, 1971.
12. Erb, R. E., Wilbur, J. W., and Hilton, J. H. Some factors affecting breeding efficiency in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 23:549, 1940.
13. Fallon, G. R. Body temperature and fertilization in the cow. *J. Reprod. Fertil.* 3:116, 1962.
14. Fletcher, J. L. Estrous cycle length of Jersey and Sindhi Jersey crossbred cattle in Louisiana. *Annual Meeting. Anim. Dairy Sci. Association.* Logan, Utah. June, 1960.
15. Fryer, H. C., Marion, G. B., and Fanner, E. L. Nonreturn rates of artificially inseminated dairy cows as affected by age of semen, breed of bull and season. *J. Dairy Sci.* 41:987, 1958.
16. Gangwar, P. D., Branton, C., and Evans, D. L. Reproductive and physiological responses of Holstein heifers to controlled and natural climatic conditions. *J. Dairy Sci.* 48:222, 1965.
17. Glencross, R. G., Munro, L. B., Senior, B. E., and Pope, G. S. Concentrations of estradiol-17B, estrone and progesterone in jugular venous plasma of cows during the estrous cycle and in early pregnancy. *Acta Endocrinológica* 73:374, 1973.

18. Gwazdauskas, F. C. Interrelationships of certain thermal and endocrine phenomena and reproductive function in the female bovine. *Ph.D. thesis*. University of Florida, 1974.
19. Gwazdauskas, F. C., Thatcher, W. W., and Wilcox, C. J. Physiological, environmental, and hormonal factors at insemination which may affect conception. *J. Dairy Sci.* 56:873, 1973.
20. Gwazdauskas, F. C., Abrams, R. M., Thatcher, W. W., Bazer, F. W., and Catan, D. Thermal changes of the bovine uterus following administration of estradioI-17B. *J. Anim. Sci.* 39:87, 1974.
21. Gwazdauskas, F. C., Thatcher, W. W., Kiddy, O. A., Paape, M. J., and Wilcox, C. J. Hormonal response to heat stress after PGF2a. *J. Anim. Sci.* 39:209, 1974.
22. Gwazdauskas, F. O., Wilcox, C. J., and Thatcher, W. W. Environmental and managerial factors affecting conception rate in a subtropical climate. *J. Dairy Sci.* 58:88, 1975.
23. Hahn, L., Sikes, J. D., Shanklin, M. D., and Johnson, H. D. Dairy cow responses to summer air-conditioning as evaluated by switchback experimental design. *Transactions of the ASAE.* 12:202, 1969.
24. Hahn, L., Osburn, D. D., and McQuigg, J. D. Summer environmental modification systems for dairy cow housing in the United States. *National Dairy Housing Conf. Am. Soc. of Agr. Engineers.*, p. 134, 1973.
25. Hall, J. G., Branton, C., and Stone, E. J. Estrus, estrous cycles, ovulation time, time of service, and fertility of dairy cattle in Louisiana. *J. Dairy Sci.* 42: 1086, 1959.
26. HiUin, J. M., and Rupel, I. W. Differential effect of season on conception rate in Rolstein and Jersey cattle. *J. Dairy Sci.* 43:442, 1960.
27. Huhnke, M. R., and Monty, D. E. Physiologic responses of preparturient and post parturient Holstein-Friesian cows to summer heat stress in Arizona. *Am. J. Vet. Res.* 37: 1301, 1976.
28. Ingraham, R. R., Gillette, D. D., and Wagner, W. D. Relationship of temperature and humidity to conception rate of Holstein cows in subtropical climate. *J. Dairy Sci.* 56:476, 1974.
29. Johnston, J. E., Stone, E. J., and Erye, J. B. Effect of hot weather on the productive function of dairy cows. *Louisiana State University. Agr. Exp. Stat. Bul.* N° 608, 1966.
30. Kenchev, L. N., Dobson, H., Ward, W. R., and Fitzpatrick, R. J. Concentrations of steroids in bovine peripheral plasma during the estrous cycle and the effect of betamethasone treatment. *J. Reprod. Fertil.* 48: 341, 1976.
31. Labhsetwar, A. P., Tyler, W. J., and Casida, L. E. Genetic and environmental factors affecting quiet ovulations in Holstein cattle. *J. Dairy Sci.* 46:843, 1963.
32. Lee, J. A., Beatty, J. F., and Roussel, J. D. Effect of thermal stress on circulating levels of cortisol and progesterone. *J. Dairy Sci.* 54: 768, 1971.
33. Lee, J. A., Roussel, J. D., and Beatty, J. F. Influence of season on adrenal function in the lactating bovine. *J. Dairy Sci.* 56:641, 1973.
34. Lee, J. A., Roussel, J. D., Johnston, J. E., Rainey, J., and Gutrie, L. D. Effect of shade versus sun on adrenal cortical function and metabolism.

- bolism of lactating dairy cattle during hot weather. *J. Dairy Sci.* 51: 627, 1968.
35. Lee, H. K. D., and Phillips, R. W. Assessment of the adaptability of livestock to climatic stress. *J. Anim. Sci.* 7:391, 1948.
 36. Lewis, R. C. Effect of season upon spermatogenesis and fertility of dairy bulls under Michigan conditions. *J. Anim. Sci.* 7:514, 1948.
 37. Long, C. R., Nipper, W. A., and Vincent, C. K. Effect of temperature, estrous control on reproduction in cattle. *Louisiana Agr.* 12: 12, 1969.
 38. Marion, G. B., Gier, H. T., and Chouday, J. B. Micromorphology of the bovine ovarian follicular system. *J. Anim. Sci.* 27:451, 1968.
 39. Marschang, F. Heat stress and animal performance in industrialized breeding and management systems. *Medical Review* 3: 195, 1973.
 40. McDowell, R. E. *Improvement of livestock production in warm climates.* W. H. Freeman and Company, San Francisco. p. 22, 1972.
 41. Mercier, E., and Salisbury, G. W. Fertility level in artificial breeding associated with season, hours of day light and the age of cattle. *J. Dairy Sci.* 30:817, 1947.
 42. Miller, H. L., and Alliston, C. W. Plasma corticoids of angus heifers in programmed circadian temperatures of 17 to 21° C. *J. Anim. Sci.* 38:819, 1974.
 43. Miller, H. L., and Alliston, C. W. Bovine plasma progesterone levels at programmed circadian temperatures of 17 to 21° C. and 21 to 34° C. *Life Sciences.* 14:705, 1974.
 44. Mills, A. C., Thatcher, W. W., Dunlap, S. E., and Vincent, C. K. Influence of postbreeding thermal stress on peripheral plasma progesterin concentrations in heifers. *J. Dairy Sci.* 55:400, 1972.
 45. Monty, D. E., and Wolff, L. K. Summer heat stress and reduced fertility in Holstein-Friesian cows in Arizona. *Am. J. Vet. Res.* 35:1495, 1974.
 46. Paston, H. A., Myers, R. M., and Ulberg, L. C. Seasonal fluctuations in reproductive efficiency of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 43:560, 1960.
 47. Román-Ponce, H., Thatcher, W. W., Blüfington, D. D., Wilcox, C. S., and Van Horn, H. H. Physiological and production responses of dairy cattle to a shade structure in a subtropical climate. *J. Dairy Sci.* 60: 424, 1977.
 48. Román-Ponce, H., Thatcher, W. W., Catan, D., Barron, D. H., and Wilcox, C. J. Thermal stress effects on uterine blood flow in dairy cattle exposed to a shade structure. *J. Anim. Sci.* 46: 175, 1978.
 49. Román-Ponce, H., Thatcher, W. W., Wilcox, C. J., Collier, R., and Van Horn, H. H. Hormonal interrelationships and physiological responses of dairy cattle to a shade structure. *J. Dairy Sci.* (In press), 1978.
 50. Roussel, J. D., and Beatty, J. F. Influence of zone cooling on performance of cows lactating during stressful summer conditions. *J. Dairy Sci.* 53: 1085, 1970.
 51. Seath, D. M., and Staples, C. H. Some factors influencing the reproductive efficiency of Lomiana herds. *J. Dairy Sci.* 24:510, 1944.
 52. Stewart, R. E., Notestine, J. C., Pfast, D. G., and Shnug, W. R. Field test of summer air conditioning for dairy cattle in Ohio. *Transactions of the ASHRAE.* 7: 271, 1966.

53. Stott, G. H. Female and breed associated with seasonal fertility variation in dairy cattle. *J. Dairy Sei.* 44: 1698, 1961.
54. Stott, G. H., and Wiersma, F. Climaticthermal stress, a cause of hormonal depression and low fertility in bovine. *Int. J. Biometer.* 17: 115, 1973.
55. Stott, G. H., and Wiersma, F. Response of dairy cattle to an evaporative cooled environment. *Proc. Int. Livestock Environment Symp.* ASAE SP-O 174:88, 1974.
56. Stott, G. H., Wiersman, F., and Waads, J. M. Reproductive health program for cattle subjected to high environmental temperatures. *JAV-MA.* 161: 1339, 1972.
57. Stott, G. H., and Williams, R. J. Causes of low breeding efficiency in dairy cattle associated with seasonal high temperatures. *J. Anim. Sei.* 45: 1369, 1962.
58. Thatcher, W. W., and Chenault, J. R. Reproductive physiological responses of cattle to exogenous prostaglandin F_{2a}. *J. Dairy Sei.* 59: 1366, 1976.
59. Thatcher, W. W., Gwazdauskas, F. C., Wilcox, C. J., Toms, J., Head, H. H., Buffington, D. E., and Fredriksson, B. Milking performance and reproductive efficiency of dairy cows in an environmentally controlled structure. *J. Dairy Sei.* 57:304, 1974.
60. Thatcher, W. W., Román-Ponce, H., and Buffington, D. E. Environmental effects on animal performance. *Large Dairy Herd Management.* University of Florida. (In press), 1978.
61. Ulberg, L. L. The influence of high temperature on reproduction. *J. Heredity.* 49:62, 1958.
62. Ulberg, L. L., and Burfening, P. J. Embryo death resulting from adverse environmental conditions on mammalian ova. *J. Anim. Sei.* 26: 571, 1967.
63. Vaught, L. K. Some effects of high environmental temperatures on reproductive, endocrine and physiologic characteristics of lactating and non lactating Holstein-Friesian cows in Arizona. *Diss. Abstracts Int.* 37: 1982, 1976.
64. Vincent, C. K. Effects of season and high environmental temperature on fertility in cattle: a review. *JAVMA.* 161: 1333, 1972.
65. Vincent, C. K., and Nipper, W. A. Effects of climate on reproduction performance of cattle. *The Louisiana Cattleman.* 70:6, 1970.
66. Wegner, T. N., Ray, D. E., Cox, C. D., and Stott, G. H. Effect of stress relief of dairy cattle. *Transactions of the ASAE.* 9:309, 1966.
67. Wiersma, F., and Stott, G. H. New concepts in the physiology of heat stress in dairy cattle of interest of engineers. *Transactions of the ASAE.* 12: 130, 1969.
69. Wolff, L. K., and Monty, D. E. Physiologic response to intense summer heat and its effect on the estrous cycle of nonlactating and lactating Holstein-Friesian cows in Arizona. *A. J. Vet. Res.* 35:187, 1974.
70. Wrenn, I. R., Bitman, and Sykes, J. F. Body temperature variations in dairy cattle during the estrous cycle and pregnancy. *J. Dairy Sei.* 41: 1071, 1958.