

EFFECTO DEL ESTRES CALORICO Y LA NUTRICION

SOBRE LA PERFORMANCE REPRODUCTIVA:

NUEVAS ESTRATEGIAS PARA MEJORAR

LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA.

William W. Thatcher  
Charles R. Staples

RESUMEN

Esta presentación identifica los puntos fisiológica y potencialmente críticos durante el ciclo vital del animal que son sensibles al estrés térmico y que responden a la modificación del ambiente mejorando la eficiencia reproductiva. El desarrollo de los folículos ováricos aparece como sensible al estrés calórico conduciendo a reducciones en la intensidad del celo y a la consiguiente fertilidad. Los períodos de desarrollo folicular que son sensibles al estrés térmico no han sido determinados. Con los actuales sistemas mejorados para alterar el microclima de los animales, el período de sensibilidad embrionaria al estrés calórico se ha reducido en forma tal de que las pérdidas embrionarias tempranas son menores. Las proteínas recombinantes potenciales que pueden mejorar la viabilidad embrionaria y corregir las deficiencias de la función placentaria que son inducidas por el estrés calórico ameritan ulterior investigación. El período post parto es un lapso crítico en el cual interactúan una multitud de factores que influyen sobre la productividad animal y el estrés térmico. Se discuten los efectos de la lactación sobre la performance reproductiva y las estrategias nutricionales para mejorar la eficiencia reproductiva.

INTRODUCCION

Las áreas de investigación relativas al ambiente que buscan mejorar la performance de las especies pecuarias y la eficiencia en la década de los 90 son de naturaleza multifactorial. El estrés del ambiente sobre la performance de los animales no está limitada a factores

---

Universidad de Florida      Estados Unidos

climáticos sino que también incluye nutrición, sistemas de alojamiento, enfermedad, así como también el bienestar animal. Esta presentación subrayará las áreas específicas de investigación que buscan mejorar la producción y la eficiencia animal en condiciones de clima cálido con atención hacia las ventanas fisiológicas dentro del ciclo vital de este, que son manejables para aumentar la eficiencia productiva y el bienestar animal. Las áreas adicionales de integración tratarán sobre conceptos de manejo nutricional y control del ambiente para incrementar la eficiencia de la reproducción.

#### EL ANIMAL

El aumento de la productividad animal está asociado directamente con el aumento en la producción de calor metabólico, que agrava el problema de mantener la homeotermia en condiciones de temperatura y/o humedad ambientes elevadas, o que tiene que ver con las consecuencias de la hipertermia. Las alternativas genéticas de aumentar en los animales la tolerancia al calor no son compatibles generalmente con la mejora de la productividad animal. De aquí que las opciones de manejo se relacionen con un mejoramiento en el balance térmico del animal (ej. reducir la entrada de calor al animal y /o incrementar la pérdida del mismo desde este), e identificar los tratamientos para corregir la homeostasis alterada de los animales de alta producción. Existen muchas componentes biológicas que cuando se alteran comprometen la performance y productividad animal.

#### Período Proovulatorio

Períodos estacionales diferentes de infertilidad se encuentran durante los meses veraniegos de estrés calórico. Con el empleo de sistemas de manejo intensivos en las vacas lecheras en lactación, este período de fertilidad reducida está asociado con aumentos de temperatura y/o humedad que inducen hipertermia y que no son debido a cambios en las calidad de los componentes de la ración.

La tasa de preñez, que es el producto de la detección del celo y la tasa de concepción, está marcadamente reducida durante los períodos estacionales de estrés calórico.

Las vacas lecheras en lactación muestran un comportamiento de estro menos intenso que lo que lo hacen las vacas secas o las vaquillonas. En efecto, los cambios hormonales y metabólicos de las vacas lecheras en lactación reducen los concentraciones de estradiol en el proestro (de la Sota et al., 1993) y estas son reducidas además por el estrés calórico (Gwazdauskas et al., 1981). Colectivamente, estos cambios reducen la probabilidad de detectar vacas en celo. Los patrones transicionales de fertilidad reducida en los meses de verano temprano y de recuperación de la misma durante el otoño son marcadamente diferentes.

Las tasas de concepción caen precipitadamente al comienzo de la estación estresante y vuelven a subir gradualmente (ej desde octubre a diciembre) con el fin del estrés del verano en la región subtropical de Florida. Un serie de observaciones recientes indican que tal vez el estrés calórico comprometa el desarrollo folicular ya que la dinámica folicular se altera durante los períodos de estrés calórico (Badinga et al., 1993; Wolfenson et al., 1995); las vacas no refrescadas con concentraciones más bajas de estradiol tuvieron menores concentraciones de FSH con reducciones en las respuestas de FSH y LH luego de la inyección con GnRH frente a vacas refrescadas

con concentraciones menores de estradiol durante el verano (Gilad et al., 1993) a las que se indujo un estrés calórico agudo de 15 horas el día del estro que redujo ulteriormente la sobrevivencia embrionaria luego de la inseminación.

Actualmente, no se sabe que etapa de la jerarquía folicular del ovario afecta el estrés calórico si en la de folículo ovarico y/o en la de oocito. Esta es un área importante para la investigación futura ya que el daño que provoca el calor en el ovario puede ser análogo a aquel que provoca en los testículos que requiere un lapso de 45 días antes que de que se complete un ciclo espermatogénico que conduzca a la producción y eyaculación de un nuevo espermatozoide que no haya sido dañado por el estrés calórico. Un lapso comparable en el ovario de la hembra puede ocasionar o contribuir a retardar la recuperación de la fertilidad en el otoño.

Los sistemas de control ovárico que optimicen y sincronicen el desarrollo folicular, controlen el tiempo de regresión del cuerpo lúteo, e induzcan precisamente la ovulación podrían conducir a una inseminación a tiempo fijo que podría eliminar la necesidad de detección de celo.

No es inusual que la cantidad de celos perdidos llegue a un 80% en los meses de verano. La implementación de un programa de inseminación a tiempo fijo conjuntamente con la aplicación de sistemas eficaces de enfriamiento puedan mejorar la performance reproductiva.

#### Pérdidas embrionarias

Períodos severos de estrés calórico, en los cuales las temperaturas corporales lleguen a 40-41°C en vacas lecheras en lactación el día del celo (D 0) y los días 1-2, ocasionan una alta tasa de desarrollo embrionario anormal y muerte hacia el día 7 (Putney et al., 1989b; Ealy et al., 1993). Estas pérdidas pueden aliviarse parcialmente por el uso de transferencia embrionaria, por la cual se transfieren embriones congelados de alta calidad en el día 7 (Putney et al., 1989a; Drost et al., 1994).

Con los continuos avances en maduración, fertilización y cultivo de oocitos *in vitro*, los costos de la transferencia embrionaria se reducen, permitiendo la implementación de esta técnica pasar por sobre el período de muertes embrionarias tempranas.

Con la utilización de sistemas eficaces de enfriamiento y con el mantenimiento de temperaturas corporales < 39.5°C, se ha retrasado el tiempo de ocurrencia de pérdidas embrionarias hasta el día 7 (Ryan et al., 1993; Drost et al., 1994). Estas últimas pérdidas parecen estar asociadas no con la muerte del embrión, sino con la reducción del crecimiento embrionario que conduce a una insuficiente producción de la proteína antiluteolítica, interferon tau.

El interferon tau ocasiona una atenuación en la secreción de PGF2 alfa y el mantenimiento del cuerpo lúteo durante la duración de la preñez. Una falla en este sistema conduce a una etapa posterior de muerte embrionaria debida a insuficiente producción de progesterona para sustentar el desarrollo del embrión. Con la producción y asequibilidad de interferon tau recombinante, puede ser posible suplementar a ovinos y bovinos de manera de aumentar la sobrevivencia del embrión.

La aplicación de esta tecnología depende del desarrollo de un sistema de aplicación tal que lleve pequeñas cantidades de interferon tau al útero y minimice los efectos colaterales potenciales, tales como la inducción de hipertermia que reduce la viabilidad embrionaria en los bovinos (Thatcher et al., 1994).

Una estrategia de alternativa es transferir vesículas trofoblásticas que secreten interferon tau y aumenten la tasa de concepción en vacas lecheras en lactancia temprana (Ryan et al., 1994).

#### Desarrollo Placentario y Fetal

La hipertermia en ovejas durante la preñez provoca retardo del crecimiento fetal. Este fenómeno en ovejas que sufren de un estrés calórico durante las últimas etapas de la preñez parece ser una consecuencia de una reducción primaria del crecimiento de la placenta durante la gestación temprana (Vatnick et al., 1991)1.

Cuando los bovinos lecheros son sometidos a estrés calórico durante los últimos 2 o 3 meses de la preñez, hay una clara reducción de la función placentaria (concentraciones reducidas de sulfato de estrona), del peso del ternero al nacer y de la producción de leche en la lactación subsiguiente (Collier et al., 1982; Wolfenson et al., 1988; Moore et al., 1992). En efecto, el enfriado de vacas secas durante las últimas etapas de la preñez es un medio eficaz para mejorar la productividad animal; es un período fisiológicamente sensible que es frecuentemente olvidado por los productores.

Es posible que tal vez la secreción del lactógeno placentario bovino esté reducido debido a la función placentaria. Se precisan investigaciones ulteriores para determinar si la administración de lactógeno placentario bovino (Byatt et al., 1992a) durante la preñez tardía de vacas sometidas a estrés calórico podría aumentar tanto el crecimiento fetal como el desarrollo mamario de la madre. Estos podrían compensar potencialmente una eventual deficiencia de secreción hormonal placentaria provocada por el estrés calóricos.

El mantenimiento del crecimiento fetal y la función de la glándula mamaria luego del parto probablemente podrían mejorar la sobrevivencia neonatal y la producción de leche. La administración de somatotrofina bovina (STb) durante el período seco no tuvo un efecto detectable sobre la producción posterior de leche (Bachman et al., 1992). El lactógeno placentario bovino tiene efectos diferentes de él de la STb sobre el metabolismo intermedio (Byatt et al., 1992b) y debería ser testado durante el período seco para evaluar sus efectos potenciales sobre las respuestas fetal y materna en el período periparto.

#### Período post parto

La transición de la preñez a la lactación es un período sensible en el cual los trastornos del parto y un complejo de problema relacionados con él (prolapso uterino, retención de membranas fetales e hipocalcemia) resultan en pérdidas ulteriores tanto de producción de leche como de eficiencia reproductiva.

La vaca también está sufriendo una transición para aumentar su consumo de materia seca en un momento en el cual los requerimientos energéticos para mantenimiento y producción de leche exceden la energía que puede consumir en la dieta. De aquí que las vacas pasen por un período de 4 a 5 semanas de extensión en el cual el balance energético negativo antagoniza con los cambios endócrinos conducentes a la recuperación de la ciclicidad ovárica. Esto se exacerba por períodos de estrés calórico en los cuales los bovinos reducen su consumo de materia seca como medio de reducir la producción de calor.

El período post parto es un período complejo que incluye marcados cambios en nutrición, competencia inmunológica, función de la glándula mamaria, partición de nutrientes, involución del útero y recuperación de la función ovárica. Sin duda, el estrés calórico

altera estos sistemas y sus interrelaciones reduciendo la performance y la eficiencia productiva.

Las vacas de primera cría en particular tienen un retardo mucho más largo en la recuperación de la ciclicidad ovárica debido a su menor habilidad relativa de consumo de materia seca que extendiendo de esa forma su período de balance energético negativo. Son necesarios programas coordinados de manejo productivo y sanitario para optimizar la performance post parto y minimizar los efectos del estrés calórico.

Un avance tecnológico de importancia es la administración de STB a vacas lecheras en lactación que provoca un 10 a 25% de aumento en producción de leche. Asociado con la administración crónica de STB existe un incremento del consumo de alimento.

Una comunicación inicial indicaba que los efectos estimuladores de la STB sobre la producción de leche fueron observados en vacas que padecían estrés calórico sin aumentar las respuestas a este (Johnson et al., 1991). Sin embargo, varias comunicaciones recientes indican que la hipertermia inducida por calor y cambios asociados fueron mayores en vacas tratadas con STB (Elvinger et al., 1992, West et al., 1991). Es importante señalar que con el empleo de nuevas drogas farmacéuticas que aumenten la producción, es necesario implementar un manejo cuidadoso de estas de forma de evitar la sobreexposición de los animales tratados al estrés calórico.

#### LA NUTRICION DURANTE PERIODOS DE ESTRES CALORICO

Si un animal padece estrés calórico, reducirá su consumo de alimento como forma de reducir su carga calórica asociada con la digestión y el metabolismo de los nutrientes del alimento. Se genera menos calor con la digestión y el metabolismo de la grasa, que el que se genera con carbohidratos o proteínas. Consecuentemente, la administración de grasa en el alimento durante los períodos de estrés calórico achica la carga calórica en el animal y podrá incrementar la densidad energética de la dieta durante períodos en los cuales el consumo está deprimido.

En efecto, las dietas suplementadas con grasa mejoran la producción de leche durante los meses de tiempo cálido pero este efecto benéfico no fue observado durante los meses de tiempo fresco (Skarr et al., 1989). Aunque la suplementación con grasa en el post parto temprano no estimula generalmente la producción de leche hasta más avanzado este, hay efectos diferentes de la administración de grasa sobre el mejoramiento de la función folicular ovárica en la lactación temprana (Lucy et al., 1991).

Cuando vacas lecheras en lactación fueron alimentadas con dietas suplementadas con grasa entre los 60 y 100 días de lactancia, la dinámica folicular ovárica fue influenciada por la suplementación grasa tanto si las dietas eran isocalóricas con la ración basal, como si contenía energía adicional debida a la suplementación grasa. Una comunicación reciente indicaba que el tipo de grasa de la dieta infundida en el abomaso de vacas lecheras en lactación alteró el grado de la PGF2 alfa inducida por la oxitocina en el útero (Thatcher et al., 1994).

La infusión de grasa amarilla que contenía 20% de ácido linoleico redujo la secreción de PGF2 alfa inducida por la oxitocina. Colectivamente, estos resultados indican por la administración de grasas en la dieta y por la modificación de la composición de la grasa, existe un potencial para regular la función reproductiva.

De aquí, que el manejo nutricional del animal puede ser un medio para minimizar los efectos del estrés calórico y alterar las respuestas fisiológicas que mejoran la eficiencia productiva (reproducción y lactación). Es interesante señalar que el estrés calórico parece aumentar la secreción uterina de PGF2 alfa, que puede antagonizar el mantenimiento de la preñez temprana (Wolfenson et al., 1993). Aun más, el tejido endometrial de las vacas con preñez temprana tiene concentraciones mayores de ácido linoleico libre que actuará como un inhibidor competitivo con el ácido araquidónico por la prostaglandina endoperoxidasa (Thatcher et al., 1994).

De aquí que pueda ser posible administrar dietas durante los períodos de estrés calórico del verano con grasas pasantes suplementarias que han sido enriquecidas con ácido linoleico que antagonizará la potencial secreción luteolítica de la FGF2 alfa. Tales dietas podrían también aumentar la densidad calórica de la alimentación como forma de sostener la producción de leche. El área del manejo nutricional, en condiciones potenciales de estrés calórico, para optimizar la productividad y la eficiencia reproductiva es una línea interesante para futuras investigaciones.

#### MODIFICACIONES DEL AMBIENTE Y SISTEMAS DE ALOJAMIENTO

Es sabido que habrían muy pocos cambios futuros del clima que podrían mejorar la productividad animal en las áreas tropicales, subtropicales y áridas del mundo. Sin embargo, los principales avances en este conocimiento y su aplicación han alterado el ambiente para reducir las cargas calóricas de los animales combinándolas con sistemas para aumentar la pérdida de calor de sus cuerpos (Armstrong et al., 1995; Berman y Wolfenson et al., 1992).

Estos tipos de sistemas necesitan ser optimizados para la región en que se apliquen e integrarlos con la producción potencial del área. Por ejemplo, en muchas zonas tropicales, el período de estrés más comúnmente se extiende por lapso prolongado del año y se acompaña con enfermedades, parasitosis y bajo consumo alimenticio. Obviamente, un sistema en este ambiente necesita incorporar un plan de manejo que no solo proteja a los animales de períodos de estrés térmico sino que los provea de un cuidado sanitario apropiado, bienestar y aporte nutricional adecuados de manera de llegar al potencial productivo de cada unidad animal en el sistema. Tales sistemas incluyen una gran inversión de dinero para permitir una performance máxima de los animales altamente productivos.

Un programa de manejo adicional y menos intenso es aquel que propone los cruzamientos de ganado autóctono (ej. *Bos indicus*) con *Bos taurus* (Ej. Holstein). A medida que aumenta el porcentaje de *Bos taurus* aumenta también la necesidad de un manejo del ambiente. No obstante, porcentajes bajos de cruzamiento generalmente producen más que los bovinos autóctonos con un mínimo de ajuste del manejo.

Las fluctuaciones de las condiciones ambientales (clima, alimentación, manejo, etc) de año a año en la misma locación tropical puede ser importante en determinar el genotipo preferido de vaca lechera. McGlothlen et al., (1995) mostraron que en promedio en 27 años, y en 14 años buenos, la cruce de bovinos Butana (*Bos indicus*) con más del 75% de Holstein o Ayrshire en Sudán resultó en una mayor producción anual por vaca. En 13 años malos, sin embargo, las producciones mayores fueron obtenidas con triples cruces, 3/8 Holstein, 3/8 Ayrshire y 2/8 Butana.

En zonas subtropicales y áridas, el período de estrés térmico está más restringido a un período estacional limitado del año. La consecuencia de una duración más corta del estrés ambiental es

reducir la magnitud de los efectos deletéreos y de su traslado a mejores estaciones del año. En convergencia, el manejo animal (por ej. el servicio) en épocas más favorables del año puede minimizar la aparición de efectos indeseables en la estación no favorable. Por ejemplo, los animales pueden ser servidos de manera tal de evitar las inseminaciones durante la estación menos fértil. Alternativamente, los animales jóvenes y no lactantes pudieron ser inseminados durante los períodos de estrés ya que ellos son menos sensibles a éste. Estos tipos de decisiones de manejo podrían balancear el flujo de la productividad animal (ej. producción de leche) para minimizar las fluctuaciones estacionales.

#### EFFECTOS NUTRICIONALES SOBRE LA FUNCION REPRODUCTIVA POST PARTO

Las vacas lecheras post parto sufren un cambio marcado en su estado energético precedente al momento en que están volviendo a la recuperación normal de los ciclos ováricos.

El estado energético ha sido definido como la entrada total de energía neta de un animal menos la energía neta requerida para el mantenimiento y menos la energía neta necesaria para la producción de leche.

Los bovinos lecheros tienen un período de estado energético negativo en la lactación temprana debido a que la pérdida de energía vía producción de leche excede a la energía que entra vía consumo de alimento. Los estados de energía negativa están asociados con ciertos perfiles de hormonas y metabolitos sanguíneos. Para que las vacas ovulen en el período de post parto temprano, debe reestablécese la actividad folicular ovárica.

Esta es dependiente de la recuperación de la secreción de LH luego del parto (Fernández et al., 1977). Canfiel y Butler (1990) comunicaron que la recuperación post parto de la secreción pulsátil de LH no ocurría hasta que se producía la máxima reducción del estado energético post parto, y los animales comenzaban a revertirlo.

Desde que el crecimiento de los folículos dominantes anovulatorio y ovulatorio es dependiente de la secreción de LH, es probable que la dinámica folicular estuviera influenciada por el estado energético post parto en las vacas lecheras.

El efecto del estado energético sobre la actividad ovárica durante la lactación temprana fue evaluado en 54 vacas Holstein multíparas (Staples et al., 1990). Se les extrajo sangre de la vena de la cola tres veces a la semana durante los primeros 63 días post parto y se dosificó la progesterona en plasma. El 28% de las vacas (n = 15) estuvieron en anestro (aciclicidad ovárica) -según sus concentraciones de progesterona plasmática (< 1ng/ml)- durante el período de 9 semanas. Estas vacas fueron comparadas con dos grupos que estaban ciclando (>1 ng/ml durante dos muestras consecutivas): un grupo de 25 vacas que mostró actividad del cuerpo lúteo dentro de los 40 días post parto y un segundo grupo de 14 vacas que mostró actividad de cuerpo lúteo entre 40 y 60 días post parto.

Las vacas en anestro consumieron menos alimento, produjeron menos leche y perdieron más peso corporal, lo que resultó en un balance energético más negativo que las vacas que estaban ciclando. Las diferencias de estado energético entre los grupos de vacas ciclando y no ciclando fueron mayores durante las 3 semanas post parto.

Además, las vacas en anestro requirieron más energía de sus reservas corporales para sostener la producción de leche que las vacas que ciclaban. Las concentraciones de IGF-1 en el plasma estuvieron relacionadas con la recrudescencia de la actividad del CL entre los tres grupos (Fig. 1).

Las vacas que ciclaron temprano en el período post parto experimentaron un aumento temprano de las concentraciones de IGF-1 (2 semanas post parto), mientras que las vacas que estuvieron en anestro durante 8 semanas de lactancia no mostraron un incremento de las concentraciones plasmáticas de IGF-1 hasta la 5a. a 6a. semana post parto. Las vacas que comenzaron a ciclar entre los 40 y 63 días post parto mostraron un perfil intermedio respecto de las concentraciones plasmáticas de IGF-1.

Es nuestra estimación que estos cambios en la IGF-1 estuvieron relacionados con diferencias metabólicas entre las vacas que comenzaron a ciclar en momentos diferentes y fueron críticas para el desarrollo del folículo y la subsiguiente formación del CL. Un ejemplo adicional de la asociación de las concentraciones de IGF-1 con el desarrollo folicular fue la observación de que una reducción aguda del estado energético (de +3.7 a -7.3 Mcal/día) inducida experimentalmente durante un período de 4 días del desarrollo terminal del folículo preovulatorio redujo la tasa de crecimiento folicular (Lucy et al., 1992a). Asociado con la disminución de la función del folículo dominante estuvo el descenso de las concentraciones de IGF-1 en plasma.

La dinámica folicular fue examinada en un grupo de 52 vacas Holstein multíparas durante el período post parto (Lucy et al., 1991a). La predicción del balance energético fue calculada a partir del consumo de materia seca, producción y composición de la leche y peso corporal. Entre los días 7 y 25 post parto, el número de folículos de clase 1 (entre 3 y 5 mm) disminuyó a medida que aumentaban los días post parto, mientras que el número de los de la clase 3 (10 a 15 mm) y de los de la clase 4 (>15 mm) aumentó. Cuando se ignoró el día post parto y se consideró el estado energético, el número de los de la clase 1 y 2 (6 a 9 mm) disminuyó con el incremento del estado energético, mientras que aumentaba el número de folículos de clase 3.

Estas respuestas foliculares indican que a medida que aumenta el estado energético, se estimula el crecimiento folicular. Los folículos fueron reclutados de las clases más pequeñas y llevados a las clases mayores de las cuales fue elegido un folículo que se desarrolló, convirtiéndose en un folículo ovulatorio. En efecto, 37 de las 52 vacas habían formado un CL hacia el día 25. Una ovulación múltiple ocurrió en 12 vacas hacia el día 25. Esas vacas tenían un estado energético más positivo que las vacas que no ovularon o que tuvieron una ovulación simple. Una vez más esto documenta que el estado energético está asociado con aspectos del desarrollo folicular.

Una serie de ensayos en nuestro laboratorio demostraron que la administración a vacas lecheras, de grasa ruminalmente inerte, aparejó una variedad de efectos reproductivos. El número de pequeños (3-5 mm) y grandes (>15 mm) folículos ováricos, así como el tamaño del folículo dominante fueron estimulados durante la sincronización de los ciclos estrales post parto (Lucy et al., 1991b).

La suplementación de grasa ruminalmente inerte en sí misma, más que un estado energético más positivo fueron responsables del aumento de tamaño de los folículos preovulatorios (Lucy et al., 1993). La administración de grasa ruminalmente inerte aumentó la tasa de concepción de 52 a 86% durante los primeros 120 días post parto (García-Bojalil et al., 1992).



De aquí que la ración con componentes de alto tenor graso tiene el potencial de alterar la función folicular ovárica y mejorar la performance reproductiva. Las vacas lecheras en lactación tienen características y función marcadamente diferentes de los folículos ováricos en comparación con vacas comparables que no están en lactación (de la Sota et al., 1993).

Por ejemplo, las vacas secas manejadas dentro de un esquema comparable de sincronización de celos tuvieron: 1) menos folículos grandes (> 15 mm), y 2) un folículo preovulatorio de tamaño menor asociado con un aumento mayor de las concentraciones de estradiol en plasma en comparación con vacas en lactación. De aquí que los cambios metabólicos y hormonales asociados con la lactación parecen realmente alterar el desarrollo terminal del folículo preovulatorio en nuestros modelos experimentales. Esto es importante ya que las vacas lecheras en lactación tienen un menor grado de intensidad de los celos y son menos fértiles que las vacas secas o las vaquillonas luego de una precisa sincronización de celos.

Otro ejemplo es la diferencia en la dinámica folicular ovárica entre las vacas lecheras secas y en lactación que reciben STb. Las vacas secas tuvieron un mayor número de folículos de clase 2 (6 a 9 mm) que las vacas lecheras en lactación entre los días 3 y 6 del ciclo estral. Mientras que las inyecciones de STb aumentaron el número de folículos de clase 2 en las vacas lecheras en lactación hacia un número similar encontrado en vacas secas, los folículos de clase 2 en vacas secas no respondieron a la STb. Esta misma estimulación mediada por la STb en vacas lecheras en lactación fue evidenciada para folículos de clase 3 (10 a 15 mm) durante la segunda fase del ciclo estral (de 12 a 18 días).

Por el contrario, las vacas secas tuvieron un número mayor de folículos de clase 3 y una posterior estimulación con STb no fue detectada. Colectivamente, estos resultados indican que la situación hormonal y metabólica asociada con la lactación puede atenuar el reclutamiento folicular, y el tratamiento con STb restituye el desarrollo folicular atenuado a un nivel comparable a aquel de la vaca seca. Sin embargo, la estimulación del reclutamiento folicular por la STb en vacas lecheras en lactación no estuvo asociado con un aumento de la tasa de ovulación.

#### Alimentación con grasas

Las grasas (fuentes de energía concentrada) pueden incorporarse en la dieta de las vacas en el post parto temprano para tratar de minimizar las diferencias entre la incorporación y la pérdida de energía.

La absorción de los ácidos grasos totales por el rumiante es lineal hasta 1200 g/día (Storry, 1988) que es alrededor del 6% del consumo de materia seca. Las dietas típicas no suplementadas con grasa contienen alrededor del 2 al 3% de grasa. Por lo tanto parece haber un espacio significativo para aumentar el uso de grasa en las dietas sin pérdida de eficiencia.

Como se muestra en la Fig. 2, la administración suplementaria de grasa puede teóricamente aumentar la tasa de concepción a través de varios mecanismos. Las grasas en la dieta pueden aumentar el estado energético del animal reduciendo por lo tanto los días al primer celo y mejorando la concepción al primer servicio. Además, la administración de grasa suplementaria también aumenta las concentraciones sanguíneas de colesterol, un precursor de la progesterona. Las concentraciones aumentadas de progesterona han sido asociadas con una mejor fertilidad. Una tercera posibilidad es que la grasa en la dieta puede proveer ácido linoleico postruminal para su conversión a prostaglandina F2 alfa la que es responsable de la involución uterina, regresión del CL y crecimiento de los folículos.

La evidencia para cada una de estas teorías será discutida más adelante.

Debido a que la grasa es nutriente de energía concentrada, es natural suponer que la grasa suplementaria mejora el estado energético de la vaca. Sin embargo, este no ha sido el resultado en muchos casos. A veces el estado energético no es afectado por la administración de grasa ya que tanto disminuye el consumo de materia seca o aumenta la producción de leche.

Las sales de calcio de ácidos grasos de cadena larga (CaAGCL; Megalac) administradas al 3% de la dieta de materia seca no mejoraron el estado energético promedio de vacas lecheras a las que se les administraron desde el día 15 al 98 post parto (Lucy et al., 1992), fundamentalmente por el aumento de la producción de leche debido a la alimentación con grasa (Erickson et al., 1992).

De la misma forma la administración de grasa peleteada y protegida al 5% de la dieta de materia seca mejoró la producción de leche (> 3.17 kg/d) pero sin cambiar el estado energético (Skaar et al., 1989).

A veces la alimentación con CaAGCL (2.6% de la MS) puede llevar a las vacas a un estado energético más negativo al aumentar la producción de leche (Sklan et al., 1991). Menor cantidad de vacas manifestaron celo hacia los 50 días por parto cuando fueron alimentadas con CaAGCL (57 vs. 77%) en este estudio. Sin embargo más vacas quedaron preñadas a los 150 días post parto cuando se les administró CaAGCL (82 vs. 62%) debido a la mejor tasa de concepción de la segunda a la cuarta inseminación. El consumo de alimento descendió cuando se administró grasa peleteada y protegida al 5% de la MS impidiendo así mejorar el estado energético (Jerred et al., 1990).

Tampoco se alteró el estado energético cuando CaAGCL fue administrada al 1.8% de la MS desde la semana 5 a la 12 post parto (Spicer et al., 1993). La alimentación con semillas enteras de algodón (15% de la MS de la dieta) o estas más CaAGCL de la semana 7 a la 16 post parto no cambió el estado energético (calculado usando técnicas de calorimetría) (Holster et al., 1992). El número de vacas que concibió : el número de vacas servidas fue similar entre las dietas. Shaver (1990), en una revisión de los estudios de alimentación con grasa, concluyó que se logra una pequeña mejoría en el estado energético mediante la administración de grasa suplementaria ya que tiende a combinar depresiones del consumo de MS y aumentos de la producción de leche.

Como fue descrito anteriormente, se requieren dosis pulsátiles de LH para la iniciación de los ciclos estrales. ¿Influye la suplementación con grasa sobre los patrones plasmáticos de LH amén de mejorar el estado energético? ¿Estimula la señal para la liberación de LH el aumento de las concentraciones de ácidos grasos plasmáticos no esterificados y/o de triglicéridos a partir de la administración de grasa? Los estudios que evalúan esta posibilidad no han hallado influencia de la grasa sobre la LH plasmática.

El día 10 post parto, se extrajo sangre cada 10 minutos durante 8 horas a 16 vacas. Las CaAGCL no tuvieron efecto sobre las concentraciones medias de LH (576 vs. 406 pg/ml), número de picos de LH (8.4 vs. 9.5), o la amplitud de los picos de LH (448 vs. 331 pg/ml) (Lucy et al., 1991b). Ni la concentración, ni el número de pulsos ni la amplitud del pulso de LH en muestras sanguíneas tomadas 10 días después de una inyección de un análogo de prostaglandina administrado a las vacas entre los 50 y 60 días de lactancia fueron afectados por las sales de CaAGCL (Sklan et al., 1994). Estos resultados con vacas lecheras han sido confirmados con estudios empleando ovejas a las que se les infundió un 20% de Intralipid

(Estienne et al., 1989) y vacas de carne alimentadas con dietas que contenían entre un 2.5 y 8% de extracto etéreo (Morgan y Williams, 1989).

La concentración del colesterol plasmático aumenta con la administración de grasa en la dieta (Grummer y Carroll, 1991). El colesterol es un precursor de la síntesis de progesterona por la célula luteal. El colesterol lipoproteico es un prerrequisito para la síntesis in vitro de progesterona por el tejido luteal en la mayoría de las especies. La progesterona aparece luego de la ovulación, preparando el útero para la recepción del embrión y para su nutrición. La progesterona ha sido asociada con una mejoría en la fertilidad del bovino (Fonseca et al., 1983). El colesterol sérico está inversamente relacionado con el intervalo parto concepción (Kappel et al., 1984).

Carroll et al. (1990) administraron grasa peleteada y protegida a 0 o 5% de la dieta a 46 vacas Holstein multíparas desde el día 5 al 100 de la lactación. El contenido promedio de colesterol plasmático aumentó de 159 a 204 mg/dl y las concentraciones de progesterona aumentaron durante las fases luteales media y tardía del segundo y tercer ciclo estral de las vacas suplementadas en comparación con las vacas control. Sin embargo, no se mejoró la fertilidad cuando se inseminó en estos dos ciclos (concibiendo 9 de 15 vacas control y 4 de 13 vacas tratadas).

La administración de semillas enteras de algodón (15% de la MS de la dieta) a vaquillonas Holstein de 350 kg durante 70 días elevó las concentraciones séricas de colesterol de alrededor de 100 a 170 mg/dl a lo largo del ciclo estral y la progesterona de 7 a 9 ng/ml en las etapas media a tardía de la fase luteal del ciclo (Talavera et al., 1985).

Williams (1989) alimentó vacas de carne con dietas con y sin semillas enteras de algodón (30% de la MS de la dieta). Se elevaron las concentraciones plasmáticas de colesterol en las vacas tratadas. Muchas de las vacas alimentadas con grasa tuvieron un nivel bajo de liberación de progesterona antes de la primera ovulación (81 vs. 37%). Esta progesterona puede actuar sobre el útero o el folículo de manera que los ciclos luego de la primera ovulación sean ciclos de duración completa más que un ciclo corto. Esta recrudescencia hacia ciclos ováricos normales es fundamental para lograr fertilidad normal y sobrevivencia embrionaria.

Menos vacas manifestaron celo hacia los 50 días post parto (57 vs. 77%) cuando se las alimentó con sales de CaAGCL al 2.6% de la dieta (Sklan et al., 1991). Sin embargo más vacas resultaron preñadas a los 150 días post parto cuando se las alimentó con CaAGCL (82 vs. 62%) debido a la mejora en las tasas de concepción de la segunda a la cuarta inseminación. Las concentraciones plasmáticas elevadas antes y a los 9 y 24 días luego de la primera inseminación pueden indicar un CL más activo en las vacas a las que se administró CaAGCL. Un porcentaje más alto de las vacas (82%) alimentadas con sales de calcio de ácidos grasos de cadena larga estaban preñadas hacia el día 150 post parto frente a las vacas control (62%) a pesar de que aquellas estaban perdiendo más peso que éstas (Sklan et al., 1989). Esta mejor concepción posiblemente sea debida a mayores concentraciones de P4 plasmática (7.8 vs. 5.1 ng/ml).

Las concentraciones semanales promedio de progesterona fueron mayores en vacas alimentadas con CaAGCL que en las dietas control (6.0 vs. 4.5 ng/ml) y durante el diestro del primero, segundo y tercer ciclos estrales post parto (Spicer et al., 1993).

En la Universidad de Florida (Lucy et al., 1993), se alimentó continuamente a las vacas durante 92 días con y sin CaAGCL (2.2% de la MS de la dieta). Las concentraciones de progesterona aumentaron desde 4.2 a 5.2 ng/ml durante los primeros 12 días de un ciclo estral.

sincronizado cuando se administraron CaAGCL. El diámetro del folículo dominante preovulatorio fue mayor en las vacas alimentadas con CaAGCL (18.6 vs. 16.0 mm;  $P < .08$ ).

Trabajos de Wisconsin (Carroll et al., 1992a) indican que la administración de grasa no alteró la composición de las lipoproteínas y que la tasa máxima de síntesis de progesterona se alcanzó in vitro cuando se añadió colesterol lipoproteico a concentraciones por debajo de las que se encuentran circulando normalmente en las vacas lecheras (Carroll et al., 1992b). Por lo tanto los autores concluyen que la toma de colesterol por el tejido luteal no se aumenta con la administración de grasa.

Las prostaglandinas se liberan primariamente desde el útero y pueden aumentar el reclutamiento de folículos ováricos y estimular el crecimiento folicular. El ácido linoleico, un ácido graso esencial para los rumiantes, es un componente clave en el camino de síntesis de PGF. Puede ser posible, por lo tanto, aumentar las concentraciones de progesterona post parto y promover la función ovárico con la administración de ácido linoleico. Sin embargo el ácido linoleico debe ser protegido de la biohidrogenación en el rumen o puede aparecer en el intestino delgado como ácido oleico o ácido esteárico (el 85% del ácido linoleico dietario de semillas de colza fue biohidrogenado en el rumen) (Murphy et al., 1987).

La distribución de cantidades significativas de ácido linoleico para el metabolismo de los rumiantes ha resultado ser efectiva para cambiar las concentraciones de PGF<sub>2</sub> alfa y el crecimiento de los folículos ováricos.

En la Universidad de Florida se inyectó por canulación de la vena yugular, en un período de 4 horas, un litro de emulsión de aceite de soja (50% de ácido linoleico, 26% de ácido oleico, 10% de ácido palmítico, 9% de linolénico y 3.5% de esteárico) o suero fisiológico, a vaquillonas Holstein de 680 lb de peso desde el día 9 al día 13 del ciclo.

La infusión aceitosa aumentó el ingreso de grasa en 2.9 unidades de porcentaje de la MS de la dieta, similar a aquella que se emplea en prácticas comunes de alimentación. Las muestras sanguíneas tomadas inmediatamente antes de completarse la infusión venosa de aceite indicaban que aquellas vaquillonas tratadas con la emulsión tenían mayores concentraciones plasmáticas de PGFM (308, 152, 78, 84 y 97 pg/ml para los días 9 hasta el 13 respectivamente) que las que lo habían sido con el suero (30 pg/ml).

La infusión de aceite de soja también aumentó la cantidad de folículos por ovario (6 vs. 2) y el diámetro del folículo mayor (10.2 vs. 7 mm) lo que fue determinado por ultrasonografía el día 16. Este efecto puede ser debido a un aumento energético, a los ácidos grasos en general, o al ácido linoleico en particular. Sin embargo, las concentraciones aumentadas de PGFM, que se ha demostrado, incrementan el reclutamiento folicular (Guilbaut et al., 1987), fueron postuladas como el mecanismo causante para esta promoción del desarrollo folicular.

Sales de CaAGCL conteniendo alrededor de 9.5% de ácido linoleico, se administraron a la mitad de 18 vacas Holstein durante los primeros 77 días de lactación (Lucy et al., 1991b). Las concentraciones plasmáticas de PGFM (15 días de muestreo entre los días 1 y 40 post parto) no fueron diferentes entre los grupos control y tratado. Las razones posibles para esta falta de respuesta incluyen 1) la cantidad de ácido linoleico ingerido fue, posiblemente, demasiado baja como para tener un efecto, 2) el ácido linoleico no estaba completamente protegido de su biohidrogenación en el rumen o 3) la secreción de PGF estaba casi en el máximo en estas vacas.

Aunque las concentraciones plasmáticas de PGFM no fueron afectadas por CaAGCL, estas estimularon el crecimiento de los folículos ováricos. De las vacas que ovularon y formaron el CL luego de la sincronización, las alimentadas con CaAGCL tenían más folículos pequeños (de 3 a 5 mm: 2.9 vs. 1.6) y grandes (> 15 mm: 7 vs. 2) que las vacas control. Además, el diámetro promedio de los folículos más grandes (18 vs 12 mm) y de los segundos más grandes (11 vs 7 mm) fue mayor en las vacas tratadas.

Estos folículos, es probable que fueran fisiológicamente activos basándose en el hecho de que el número de los de tamaño medio (6 a 9 mm) estaba reducido dentro del grupo tratado con CaAGCL, ilustrando el fenómeno de la dominancia folicular. La incidencia aumentada de los folículos mayores de 15 mm puede ser el resultado de un devenir folicular más lento o un crecimiento folicular aumentado. Los ésteres colesterol-ácidos grasos y /o las hormonas metabólicas, tales como la insulina, la IGF-1, o la hormona del crecimiento, pueden tener que ver con la maduración de los folículos dominantes.

Nuevamente, ¿este mayor crecimiento folicular fue debido a los ácidos grasos o a una mayor provisión energética? Dietas formuladas para contener concentraciones energéticas similares pero difiriendo en la adición de CaAGCL, indicaron que eran estas, más que un estado energético mejorado, las responsables de estos folículos dominantes preovulatorios mayores (18.6 vs 16.0 mm) (Lucy et al., 1993). No se sabe en este momento si el ácido linoleico es el ácido graso clave.

No solamente puede servir el ácido linoleico como un precursor de la PGF sino que un exceso de él puede actuar como un competidor que inhibe a la prostaglandina sintetasa. Eso es que su exceso inhibe la síntesis de prostaglandina. La infusión de grasa amarilla en el abomaso de vacas lecheras en lactación resultó en una supresión de la liberación de PGFM del útero frente a un desafío de oxitocina (Thatcher et al., 1994).

La supresión de la PGF en el momento de la concepción puede ayudar a mejorar la sobrevivencia embrionaria prolongando la vida del CL. Otros ácidos grasos de cadena larga tales como el eicosapentanoico que se encuentra en el aceite de pescado puede inhibir también la actividad de la ciclooxigenasa y suprimir la síntesis de PGF. Además, este aceite resiste naturalmente la biohidrogenación en el rumen y por lo tanto no requiere protección contra los microorganismos ruminales.

Está claro que la alimentación con ácidos grasos inertes (ej CaAGCL) estimula el número de folículos mayores de 3 mm e incrementa el tamaño del folículo preovulatorio durante el período post parto (días 7-60 post parto; Lucy et al., 1991b). Tal estimulación de la actividad ovárica puede ser una ventaja con relación al desarrollo de sistemas de manejo reproductivo que se integren al manejo nutricional en el post parto de la vaca lechera.

Sin embargo, se requiere investigación adicional para determinar si la estimulación del desarrollo folicular post parto a través de la dieta influye sobre las siguientes respuestas fisiológicas: el desarrollo folicular aumentado, en el ovario adyacente al cuerno previamente gestado resulta en un desarrollo folicular preovulatorio normal y la formación de un cuerpo lúteo competente; el desarrollo folicular estimulado resulta en una dinámica folicular normal por la cual los folículos crecen y sufren atresia y no experimentan degeneración quística; y si el desarrollo folicular aumentado luego de la inseminación artificial antagoniza o no con los mecanismos antiluteolíticos inducidos por la concepción y aumenta así la mortalidad embrionaria.

## GRASA EN LA DIETA Y CONCEPCIÓN/PREÑEZ

### Grasas Protegidas:

La grasa protegida y peleteada fue evaluada usando 39 vacas en Israel y 214 vacas de tres tambos en Pennsylvania desde el día 0 al 110 o 150 post parto (Ferguson et al., 1990).

Los días al primer servicio fueron similares (80 días). Las vacas que recibieron el suplemento graso fueron 2.2 veces más propensas a quedar preñadas que los controles. Tanto en el primer servicio (59 vs 43%) como en todos los servicios (59 vs 41%) las tasas de concepción fueron mayores en las vacas que consumieron la grasa protegida. La mayor parte de las diferencias observadas se debieron a que en dos rodeos en Pennsylvania, las tasas de concepción de las vacas control al primer servicio fueron muy bajas, 38 y 33%. 3.5% de la producción de leche corregida por grasa mejoró en un significativo 1.8 kg/día para las vacas israelíes y un no significativo .7 kg/día para las vacas de Pennsylvania.

Carroll et al., (1990) alimentaron a 46 vacas Holstein multíparas, desde el día 5 al 100 de la lactancia con 0 o 5% de grasa protegida y peleteada. Las producciones de leche corregida por grasa no fueron diferentes hasta la semana 6 y de allí a la 14 de la lactancia. Aumentaron las concentraciones promedio de colesterol y progesteron plasmáticos. Sin embargo las concentraciones aumentadas de progesterona no resultaron en mejora de las tasas de concepción. Las tasas de concepción promedio en los primeros tres servicios para las vacas de control y las tratadas fueron 13/22 (59%) y 7/16 (44%). Siete de las ocho vacas no servidas fueron de las tratadas y 5 de esas 7 no mostraron celo los primeros 100 días de lactación.

### Porotos de soja:

Vacas lecheras Holstein y Pardo Suiza (n =58) recibieron dietas con y sin 415 gr de grasa de porotos de soja tostados (PST) desde el día 10 al 105 de la lactación (Rueggsegger y Shultz, 1985). La producción lechera aumentó en promedio .8 kg/d en las vacas suplementadas con PST pero no se encontraron diferencias en los parámetros reproductivos aunque los días abiertos (109 vs 115) y los servicios por concepción (1.8 vs 2.1) numéricamente favorecieron a las vacas suplementadas.

El día 305 de la lactación se resumieron los datos de las vacas que no recibieron grasa adicional (2.6% grasa; n = 75) o grasa en forma de porotos de soja prensados o de semilla de girasol (5.3% de grasa en la dieta; n = 78; Schingoethe y Casper, 1991). Aunque aumentó la producción de leche en 1 kg/d por los oleaginosos, los días abiertos (136 vs 126) y los servicios por concepción (2.38 vs 2.15) fueron similares.

### Sales de calcio de ácidos grasos de cadena larga (CaAGCL):

Se evaluaron los jabones cálcicos de ácidos grasos de cadena larga (500 g/d) que se administraron a 108 vacas lecheras Israeli-Frisias durante los 170 primeros días de lactancia (Sklan et al., 1989).

La producción de leche favoreció a las vacas suplementadas con grasa, 32.1 vs 30.7.

Luego de 3 servicios, el 76% de las vacas alimentadas con grasa concibieron, frente al 58% de las vacas control, debiéndose la diferencia, fundamentalmente, al primer servicio.

Los días abiertos también fueron menores para las vacas tratadas (74 vs 86%), pero en ningún caso las diferencias fueron significativas.

Las concentraciones de colesterol y fosfolípidos séricos fueron mayores en las vacas alimentadas con grasa. Estos incrementos fueron debidos probablemente a la grasa adicional en la dieta y a un aumento en la movilización del tejido adiposo ya que los registros del estado corporal de las vacas tratadas fueron .4 a .5 menores que las vacas control.

Un segundo estudio en Israel empleó 108 vacas para un estudio aproximado al día 110 en el cual las vacas alimentadas con CaAGCL (500 gr/día) aumentaron el total de leche corregida por grasa en 2.9 kg/d sobre las vacas control (Schneider et al., 1988). Además, una gran proporción de las vacas alimentadas con CaAGCL concibieron al primer servicio (60 vs 43 %) y estaban preñadas al final de ensayo (87 vs 72%) aunque no se brindaron las diferencias estadísticas.

Las sales de calcio de ácidos grasos de cadena larga (2.6% de la MS) probaron ser efectivas nuevamente en otro estudio israelí (Sklan et al., 1991). A vacas multíparas se las alimentó con dietas experimentales durante los primeros 120 días post parto. La producción de grasa de la leche fue mayor en las vacas tratadas.

Debido a la mayor pérdida de peso corporal en las vacas suplementadas con CaAGCL (nadir a los 32 vs 12 días post parto), se retrasó el retorno a la ciclicidad ovárica. A los 20 días post parto, solamente el 21% de las vacas suplementadas con grasa estaban ciclando en comparación con el 42% de los controles. Hacia los 50 días de lactancia, el 77% de los controles mostró comportamiento de celo frente al 57% de las vacas tratadas. Sin embargo, las vacas alimentadas con grasa mostraron mayor porcentaje de preñez a los 150 días de lactancia (82 vs 62%), menos días abiertos (115 vs 149), y menos servicios por concepción (2.4 vs 2.9).

Un cuarto estudio israelí administró CaAGCL (2.5% de la MS) a vacas (n = 224) durante 120 días post parto (Sklan et al., 1994). La producción de leche aumentó 4.6 kg/d para las vacas primíparas y 3.3 kg/d para las multíparas. Las vacas tratadas perdieron más peso que los controles, especialmente las primíparas. Como resultado esperado, las tasas de concepción para las vacas primíparas tratadas fueron más bajas a la primera inseminación (25 vs 75%). Las tasas de concepción para las otras inseminaciones y para las vacas multíparas no difirieron.

Siete tambos en Pennsylvania participaron en un estudio para la evaluar las sales de CaAGCL durante los primeros 150 días de lactación. La leche corregida por grasa (LCG) en las vacas multíparas (n = 80/grupo) aumentó en promedio 3.8 kg/día aunque no se observó ningún cambio en las vacas primíparas (n = 20/grupo; Ferguson et al., 1988). Las tasas de concepción (45 vs. 36%) y los días abiertos (90 vs 97) no fueron diferentes para los grupos control y suplementado (Chalupa y Ferguson, 1988).

Cuarenta vacas fueron divididas entre dietas que contenían 0 y 3% de CaAGCL, las que se administraron desde los días 15 al 98 de la lactancia (Erickson et al., 1992). Los consumos de MS fueron similares (18.2 kg/d) pero la producción de LCG favoreció a las vacas suplementadas con grasa (32.5 vs 34.8 kg/d). Los balances energéticos fueron similares (-2.2 vs -1.8 Mcal/d) pero la glucosa sanguínea se redujo de 55.3 a 52.6 mg/dl por CaAGCL. Estas no influyeron sobre el tiempo de retorno a la primera ovulación (31 vs 30 días).

Sin embargo las vacas alimentadas con grasa tuvieron intervalos significativamente más largos a la primera inseminación (66 vs 91 d), requirieron más inseminaciones por vaca (1.8 vs 2.6), y tuvieron una menor proporción de preñeces al final del ensayo (50 vs 20%). El

porcentaje de concepción no fue diferente entre los grupos cuando se examinó toda la lactancia (70 vs 65%) pero los días abiertos favoreció a las vacas control (90 vs. 147; Lucy et al., 1991b). Las tasas de preñez y de servicios por concepción hacia el día 77 de la lactancia no fueron diferentes aunque numéricamente favorecieron a las tratadas (3/9 vs 6/9; 2.4 vs 1.7).

La alimentación con CaAGCL (2.9% de MS) de 105 vacas Holstein se realizó a partir de los días 1, 29 o 57 de la lactación y se continuó hasta el día 112. Ni el consumo de alimento ni la producción

de leche fueron influenciados por el tratamiento alimentario. Los servicios comenzaron en promedio a los 75 de lactancia. Las tasas de concepción fueron similares entre los grupos tanto para las vacas primíparas como para las múltíparas (>76%). Los servicios totales por concepción tendieron a favorecer la introducción temprana de CaAGCL (1.58 vs 1.77 vs 2.03) aunque los datos no fueron analizados estadísticamente (Holter y Hayes, 1994).

Se observó una mejora en el porcentaje de vacas preñadas a los 120 días post parto (52 vs 86%) y de producción de leche (luego de 8 semanas post parto) debido a la alimentación con CaAGCL (2.2% MS de la dieta) en 43 vacas Holstein (García Bojalil, 1993). Los ovarios de las vacas alimentadas con grasa demostraron una mayor actividad de progesterona los primeros 50 días post parto.

Una de las áreas más interesantes para futuras investigaciones puede ser la integración de la función digestiva con la función ovárica y la formulación específica de dietas como forma de aumentar la eficiencia del manejo reproductivo y de la fertilidad. Una vez que tenga una comprensión más clara de esas señales metabólicas que afectan el ovario podremos empezar a integrar el conocimiento tradicional sobre nutrición y reproducción.

#### Relaciones Proteína cruda y Energía( alimentación con grasa):

La proteína es un nutriente esencial para mantenimiento, crecimiento, lactación y reproducción. Los efectos de un alto consumo de proteína cruda sobre la reproducción de vacas lecheras en lactación es un hecho controvertido en las ciencias e industrias lecheras. Los datos publicados producidos en varios laboratorios indican tanto efectos deletéreos como inocuos del consumo elevado de proteína sobre la reaparición del celo, concepción, días abiertos y sobrevivencia embrionaria.

La proteína de la dieta es hidrolizada a péptidos y aminoácidos por los microorganismos ruminales. Los aminoácidos puede ser degradados ulteriormente a ácidos orgánicos, bióxido de carbono y amoníaco. Por ejemplo, la valina es catabolizada a un ácido graso de cadena ramificada, isobutirato, y amoníaco. La prolina se cataboliza en un ácido graso de cinco carbonos, el valérico y amoníaco.

Los microorganismos ruminales normalmente utilizan el amoníaco para la síntesis proteica. Muchas veces la liberación de amoníaco es muy rápida, de tal forma que los microorganismos no pueden capturar el amoníaco disponible. El amoníaco no utilizado se absorbe a través de la pared del rumen, entra en la vena porta, es transportado al hígado y convertido en urea la cual es excretada parcialmente por la orina y parcialmente reciclada de nuevo al rumen vía saliva.

Las concentraciones elevadas de amoníaco en el rumen elevarán el pH ruminal lo que aumenta la tasa de absorción de amoníaco y sirve para agravar el excesivo aporte de amoníaco al hígado. El grado de solubilidad de la proteína de la dieta a menudo se relaciona positivamente con las concentraciones ruminales de amoníaco.



Los componentes de la dieta difieren en la degradabilidad de sus respectivas fracciones proteicas, yendo de 100% para la urea a alrededor de 20% para la harina de sangre. Por lo tanto, las dietas pueden ser iguales en proteína cruda (PC) pero diferir en su degradabilidad ruminal. La concentración de proteína degradable (PD) recomendada (NRC, 1989) es de 57.4% del total de PC de la dieta durante las semanas 0 a 3 post parto debido a un más bajo consumo, aumentando a alrededor de 63% para toda la lactancia. Si la PD excede a lo requerido, las concentraciones de amoníaco en el rumen aumentarán conduciendo a un aumento de las concentraciones de urea en los líquidos orgánicos.

El Consejo Nacional de Investigación (NRC; 1989) recomienda la administración de dietas que contengan un 19% de PC durante las 3 primeras semanas de la lactancia y 16 a 18% a posteriori dependiendo de la cantidad de leche que se produzca. Sin embargo, en muchos tambos con altos promedios de rotatividad de los rodeos se continúa alimentando con dietas con 19% de PC meses después de la 3er. semana y durante en el período de servicios.

El consumo diario de PC está correlacionado positivamente con el consumo de MS, que aumenta gradualmente en el post parto hasta llegar a un pico que se mantiene durante el lapso en que las vacas son servidas.

El exceso de proteína de la dieta trae aparejadas concentraciones elevadas del nitrógeno ureico sanguíneo (NUS) y ocasionalmente de amonio en sangre. Se piensa que estas altas concentraciones influyen sobre la performance reproductiva.

Durante este período la vaca está experimentando grandes cambios metabólicos, esto es yendo de un estado homeostático a uno homeorético como forma de priorizar la producción de leche.

La demanda de glucosa es intensa y el proceso de gluconeogénesis es dominante.

Las reservas proteicas de los tejidos orgánicos son llamadas para aportar esqueletos de carbono para la síntesis de la glucosa. Se agrega nitrógeno adicional (amoníaco) al sistema del animal a medida que los aminoácidos almacenados en las reservas corporales son movilizados (25 a 33 lb de proteína corporal para los primeros 60 días post parto [NRC, 1989]) para la síntesis de la proteína de la leche y de la glucosa.

El amoníaco liberado por la gluconeogénesis es transformado en urea por el hígado y otros tejidos para evitar la intoxicación por amoníaco, aumentando así el costo energético de estos tejidos.

Estos procesos continúan actuando hasta que todos los requerimientos proteicos y energéticos de la vaca pueden ser llenados por la dieta, lo que requiere generalmente de 6 a 10 semanas post parto.

Para probar los efectos del consumo de energía y de PD sobre la performance reproductiva de las vacas lecheras, se asignaron a 45 vacas al parto dietas conteniendo 20% de PC y 76% o 55% de PD y 0 o 2.2% de CaAGCL (Megalac<sup>®</sup>; García-Bojalil, 1993). El consumo de PC fue 1100 gr mayor que lo requerido para la leche producida (NRC, 1989).

Los tratamientos continuaron durante 120 días de lactancia. Las vacas alimentadas con dietas con alta proteína degradable tuvieron mayores valores de NUS (22.0 vs 17.3 mg%;  $P = .01$ ). Las concentraciones de progesterona sanguínea, logradas de muestras obtenidas 3 veces por semana, indicaron que las vacas alimentadas con dietas con 76% de PD demoraron más días para llegar a la primera fase luteal post parto que las vacas alimentadas con las otras dietas (39 vs 25 días;  $P = .002$ ; Tabla 1). A todas las vacas en el ensayo se les sincronizó el

celo entre los días 50 y 57. A todas las vacas que no ciclaban antes de la sincronización se les asignó 50 días para la primera actividad luteal).

Si las vacas no hubieran sido sincronizadas, el número de días para llegar a la primera actividad luteal habría sido aún mayor para las vacas alimentadas con dietas de 76% de PD. Otros han reportado más días para llegar debido a la alimentación con un exceso de proteína (Figueroa et al., 1992; Carroll et al., 1988). Cuatro de diez vacas alimentadas con dietas con un 76% de PD y sin CaAGCL estaban en anestro al momento de la sincronización frente a sólo 3 de 35 vacas que estaban en otros tratamientos dietarios. Este alargamiento del lapso para retornar a la actividad ovárica y el estado de anestro estuvieron relacionados con una mayor pérdida de peso y de estado corporal en estas vacas (Fig. 3).

Las vacas alimentadas con dietas con 76% de PD perdieron más peso corporal y por un período de tiempo más largo que las vacas a las que se les administraron dietas con 55% de PD (44 kg en 28 días post parto vs. 18kg en 20 días post parto; Fig. 3). La ausencia de CaAGCL resultó en una pérdida de peso de 10 kg más en las vacas con dietas de 76% de PD. Además, el estado corporal perdido fue mayor y se prolongó por más tiempo en las vacas alimentadas con la dieta sin CaAGCL y con 76% de PD.

El costo energético adicional de detoxificar el amoníaco en dietas con alto contenido de proteína degradable posiblemente conduzca a requerir más de las reservas energéticas del organismo para la producción de leche. Esto resultó en un más severo estado energético que retrasó la actividad ovárica. Con la inclusión de CaAGCL en la dieta, la carencia energética fue aliviada de alguna manera, permitiendo que las vacas apelaran más a la energía del alimento y menos a las reservas corporales para la producción de leche. Los días al primer celo se redujeron en 6 cuando se administró CaAGCL con dietas con 76% de PD (interacción PD-grasa).

Otros estudios han comunicado mayores pérdidas corporales en vacas que consumieron cantidad elevadas de PC. Fueron las vacas más viejas (> 4 lactancias) las que perdieron más peso corporal y que bajaron las tasas de concepción de 77% a 52% cuando la PC de la dieta se elevó de 15-16% a 19-20 % (Kaim et al., 1983). Vacas alimentadas con dietas de 20% de PC perdieron 14.7% del peso frente a vacas con dietas con 15% de PC que perdieron 7.9% de él (Holz et al., 1986).

En un estudio de Bruckental et al. (1989), se alimentaron vacas con dietas con 17% de PC con harina de soja, con 21.6% con harina de soja, y con 21.6 % con harina de soja y harina de pescado.

El peso corporal ganado en el post parto, desde el mínimo alcanzado hasta las 24 semanas fue de 220<sup>g</sup>, 170<sup>g</sup>, y 230<sup>g</sup>/día para las vacas primíparas y 220<sup>g</sup>, 160<sup>g</sup> y 310<sup>g</sup>/día para las vacas multíparas alimentadas con las dietas descritas, respectivamente. Las vacas multíparas en su cuarta o más lactancias ganaron menos peso aún que las vacas en su segunda o tercera lactancia (170, 80 y 210 vs. 240, 180 y 340 g/día respectivamente) debido a su fuente de PC. (Tratamiento LS significa con letras supraescritas diferentes son diferentes a  $P < .05$ ).

La suplementación de la dieta con grasa en el período post parto temprano puede compensar los costos energéticos adicionales para la vaca que tiene que detoxificar el amoníaco que resulta de su alimentación con elevada cantidad de PC (García-Bojalil, 1993). Tal suplementación energética estimula la actividad cíclica que está retardada en vacas alimentadas con proteína degradable más alta y sin suplementación con grasa. García Bojalil et al. (1994) mostraron que las concentraciones elevadas de amoníaco y de nitrógeno ureico en

sangre no tuvieron efectos adversos sobre el desarrollo folicular o la calidad del embrión el día 7 post inseminación en vacas lecheras secas, con energía adecuada, que fueron superovuladas. Aunque Elrod y Butler (1993) demostraron que las tasas de concepción en las vaquillonas se redujeron de 83 a 62 % al aumentar la PC de la dieta de 15 a 21 %, estas tenían sólo el 70% de los requerimientos energéticos (NRC, 1989). Fue sólo en condiciones de estado energético deficiente que el aumento de la PC fue perjudicial.

#### SUMMARY

Dealing with the hot environment relative to livestock production involves and will continue to require an interdisciplinary approach to maximize animal productivity and efficiency. Biological responses to hot environments need to be identified and considered when designing management programs to improve animal performance. Modern systems of management need to integrate the principles of physiology, nutrition, engineering, animal management and health, and computer expert systems to optimize production and efficiency of production. The optimization of reproductive efficiency through targeting and optimization of critical nutrients via the diet is an exciting area of investigation to regulate reproductive events.

## BIBLIOGRAFIA

- Bachman, K. C., Wilfond, C. H., Head, H. H., Wilcox, C. J., and Singh, M. (1992). Milk yields and hormone concentrations of Holstein cows in response to sometribove (Somatotropin) treatment during the dry period. *J. Dairy Sci.* 75, 1883.
- Badinga, L., Thatcher, W. W., Diaz, T., Drost, M., and Wolfenson, D. (1993). Effect of environmental heat stress on follicular steroidogenesis and development in lactating Holstein cows. *Theriogenology* 39, 797.
- Berman, A., and Wolfenson, D. (1992). Environmental modifications to improve production and fertility. In: Large Dairy Herd Management. H.H. Van Horn and C.J. Wilcox., Eds., American Dairy Science Association, Champaign, IL. pp. 126-134.
- Bruckental, I., Drori, D., Kaim, M., Lehrer, H., and Folman, Y. (1989). Effects of source and level of protein on milk yield and reproductive performance of high-producing primiparous and multiparous dairy cows. *Anim. Prod.* 48, 319.
- Byatt, J. C., Eppard, P. J., Munyakazi, L., Sorbet, R. H., Veenhuizen, J. J., and Collier, R. J. (1992a). Stimulation of milk yield and feed intake by bovine placental lactogen in the dairy cow. *J. Dairy Sci.* 75, 1216.
- Byatt, J. C., Eppard, P. J., Veenhuizen, V. V., Sorbet, R. H., Bunomo, F. C., Curran, C. F., and Collier, R. J. (1992b). Serum half-life and in-vivo actions of recombinant bovine placental lactogen in the dairy cow. *J. of Endocr.* 132, 185.
- Canfield, R. W., and Butler, W. R. (1990). Energy balance and pulsatile LH secretion in early postpartum dairy cattle. *Domestic Animal Endocrinology* 7, 323.
- Carroll, D.J., Barton, B. A., Anderson, G. W., and Smith, R.D. (1988). Influence of protein intake and feeding strategy on reproductive performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 71, 3470.
- Carroll, D.J., Jerred, M.J., Grummer, R.R., Combs, D.K., Pierson, R.A., and Hauser, E.R. (1990). Effects of fat supplementation and immature alfalfa to concentrate ratio on plasma progesterone, energy balance, and reproductive traits of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 73, 2855.
- Carroll, D.J., Grummer, R.R., and Clayton, M.K. (1992a). Stimulation of luteal cell progesterone production by lipoproteins from cows fed control or fat supplemented diets. *J. Dairy Sci.* 75, 2205.
- Carroll, D.J., Grummer, R.R., and Mao, F.C. (1992b). Progesterone production by cultured luteal cells in the presence of bovine low and high density lipoproteins purified by heparin affinity chromatography. *J. Anim. Sci.* 70, 2516.
- Chalupa, W. and Ferguson, J. D. (1988). The role of dietary fat in productivity and health of dairy cows. Page 36 in *Proc. of Symp. from The Application of Nutrition in Dairy Practice. The Dairy Production Medicine Continuing Education Group Annual Meeting, North Carolina State Univ., Raleigh.*

- Collier, R. J., Doelger, S. G., Head, H. H., Thatcher, W. W., and Wilcox, C. J. (1982.) Effects of heat stress during pregnancy on maternal hormone concentrations, calf birth weight and postpartum milk yield of Holstein cows. *J. Animal Sci.* 54, 309.
- de La Sota, R. L., Lucy, M. C., Staples, C. R., and Thatcher, W.W. (1993). Effects of recombinant bovine somatotrophin (Sometribove) on ovarian function in lactating and nonlactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76, 1002.
- Drost, M., Thatcher, M-J. D., Cantrell, C. K., Wolfsdorf, K. E., Hasler, J. F., and Thatcher, W. W. (1994). Conception rates after artificial insemination or transfer of frozen/thawed embryos to lactating dairy cows during summer in Florida. *J. Anim. Sci.* 72, (Suppl.1) 380.
- Ealy, A. D., Drost, M., and Hansen, P. J. (1993). Developmental changes in embryonic resistance to adverse effects of maternal heat stress in cows. *J. Dairy Sci.* 76, 2899.
- Elrod, C.C. and Butler, W.R. (1993). Reduction of fertility and alteration of uterine pH in heifers fed excess ruminally degradable protein. *J. Anim. Sci.* 71,694.
- Elvinger, F., Natzke, R. P., and Hansen, P.J. (1992). Interactions of lheat stress and bovine somatotropin affecting physiology and immunology of lactating cows. *J. Dairy Sci*, 75, 449.
- Erickson, P.S., Murphy, M.R., and Clark, J.H. (1992). Supplementation of dairy cow diets with calcium salts of long-chain fatty acids and nicotinic acid in early lactation. *J. Dairy Sci.* 75, 1078.
- Estienne, M.J., Schillo, K.K., Green, M.A., and Boling, J.A. (1989). Free fatty acids (FFA) suppress growth hormone (GH) but not HL secretion in the sheep. *J. Anim. Sci.* 67, (Suppl. 1) 387.
- Ferguson, J.D., Sklan, D., Chalupa, W.V., and Kronfeld, D.S. (1990). Effects of hard fats on in vitro and in vivo rumen fermentation, milk production, and reproduction in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 73, 2864.
- Fernandes, L. C., Thatcher, W. W., Wilcox, C. J., and Call, E. P. (1978). LH release in response to GnRH in postpartum dairy cows. *J. Anim. Sci.* 46, 443-48.
- Figueroa, M.R., Dawson, D. P., Kim, D.Y., Batallas, C.E., Kent, B.A., Arambel, M.J., and Waters, J.L. (1992). Effect of rumen undegradable intake protein on reproductive parameters in postpartum lactating cows. *J. Dairy Sci.* 75(Suppl. 1), 203.
- Fonesca, F.A., Britt, J.H., McDaniel, B.T., Wilk, J.C., and Rakes, A.H. (1983). Reproductive traits of Holsteins and Jerseys. Effects of age, milk yield, and clinical abnormalities on involution of cervix, uterus, ovulation, estrous cycles, detection of estrus, conception rate and days open. *J. Dairy. Sci.* 66:1128.
- Garcia-Bojalil, C. M., Staples, C. R., Thatcher, W. W., Savio, J. D., and Risco, C. (1992). Effect of dietary protein degradability and calcium salts of long chain fatty acids (Ca LCFA) on reproductive performance of lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 75 (Suppl. 1), 203. [Abstr.]

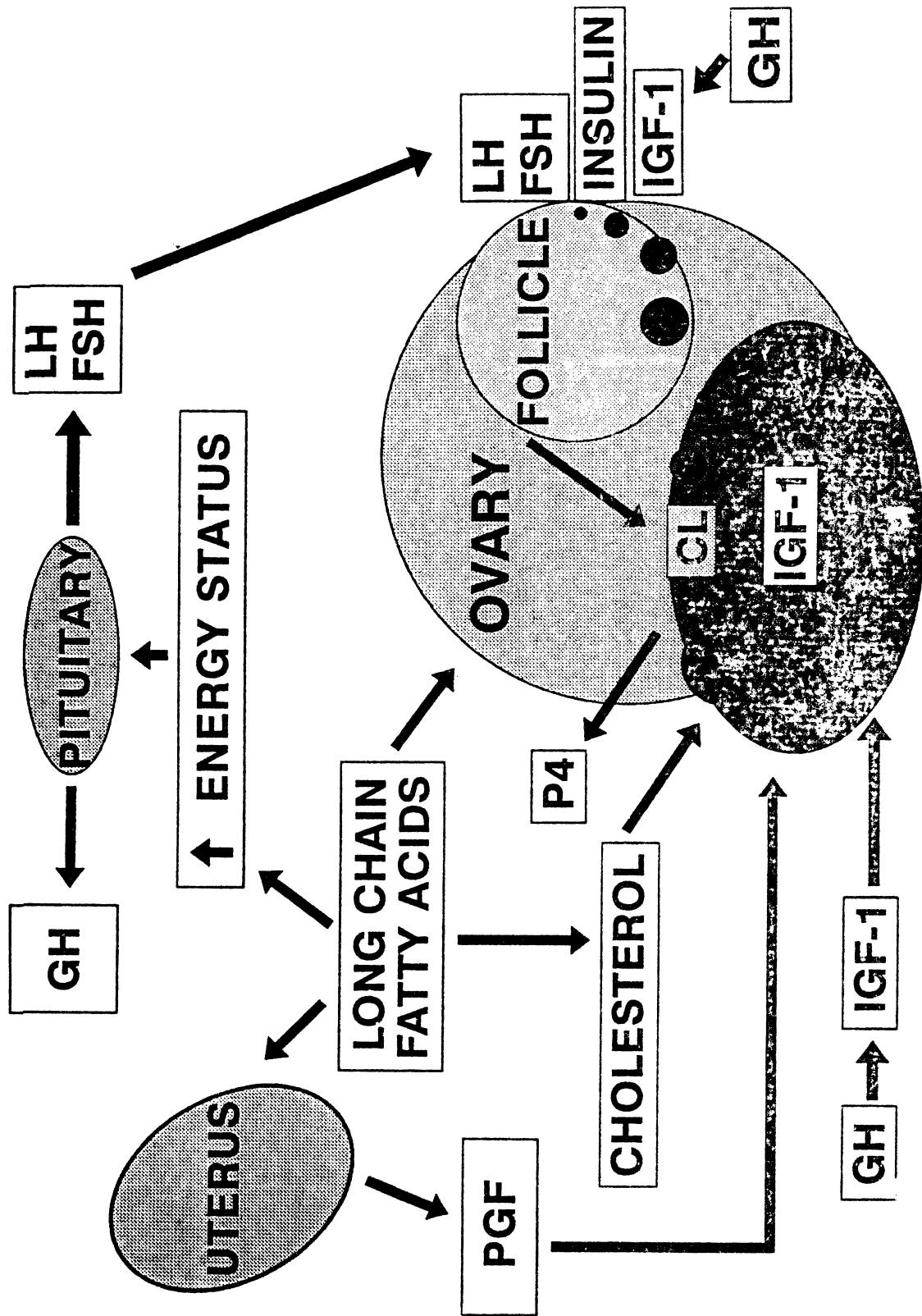
- Garcia-Bojalil, C.M. (1993) Reproductive, productive, and immunological responses of Holstein dairy cows fed diets varying in concentration and ruminal degradability of protein and supplemented with ruminally inert fat. Ph.D. Dissertation. Univ. Florida, Gainesville.
- Garcia-Bojalil, C.M., Staples, C.R., Thatcher, W. W., and Drost, M. (1994). Protein intake and development of ovarian follicles and embryos of superovulated nonlactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77:2537.
- Gilad, E., Meidan, R., Berman, A., Graber, Y., and Wolfenson, D. (1993). Effect of heat stress on tonic and GnRH-induced gonadotrophin secretion in relation to concentration of oestradiol in plasma of cyclic cows. *J. Reprod. Fertil.* 99, 315
- Grummer, R.R. and Carroll, D. J. (1991). Effects of dietary fat on metabolic disorders and reproductive performance of dairy cows. *J. Anim. Sci.* 69, 3838.
- Guilbault, L.A., Thatcher, W.W., and Wilcox, C.J. (1987). Influence of a physiological infusion of prostaglandin F into postpartum cows with partially suppressed endogenous production of prostaglandin. 2. Interrelationships of hormonal, ovarian, and uterine responses. *Theriogenology* 27, 947.
- Gwazdauskas, F. C., Thatcher, W. W., Kiddy, C. A., Paape, M. J., and Wilcox, C. J. (1981). Hormonal patterns during heat stress following PGF<sub>2</sub>-Tham salt induced luteal regression in heifers. *Theriogenology* 16. 221.
- Holter, J.B., Hayes, H.H., Urban, W.E., Jr., Duthie, A.H. (1992). Energy balance and lactation response in Holstein cows supplemented with cottonseed with or without calcium soap. *J. Dairy Sci.* 75, 1480.
- Holter, J.B., and Hayes, H.H. (1994). No advantage to delaying the introduction of calcium soaps of palm oil fatty acids to early lactation dairy rations. *J. Dairy Sci.* 77, 799.
- Holtz, C.R., Smith, R.D., Sniffen, C.J., and Chalupa, W. (1986). Reproductive and metabolic responses of dairy cattle to the level and degradability of dietary protein. *J. Dairy Sci.* 69 (Suppl. 1), 243.
- Jerred, M.J., Carroll, D.J., Combs, D.K., and Grummer, R.R. (1990) Effects of fat supplementation and immature alfalfa to concentrate ratio on lactation performance of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 73, 2842.
- Johnson, H. D., Li, R., Manalu, W., Spencer-Johnson, K. J., Becker, B. A., Collier, R. J., and Baile, C. A. (1991). Effects of somatotropin on milk yield and physiological responses during summer farm and hot laboratory conditions. *J. Dairy Sci.* 74, 1250.
- Kaim, M., Folman, Y., Neumark, H., and Kaufmann, W. (1983). The effect of protein intake and lactation number on post-partum body weight loss and reproductive performance of dairy cows. *Anim. Prod.* 37, 229.

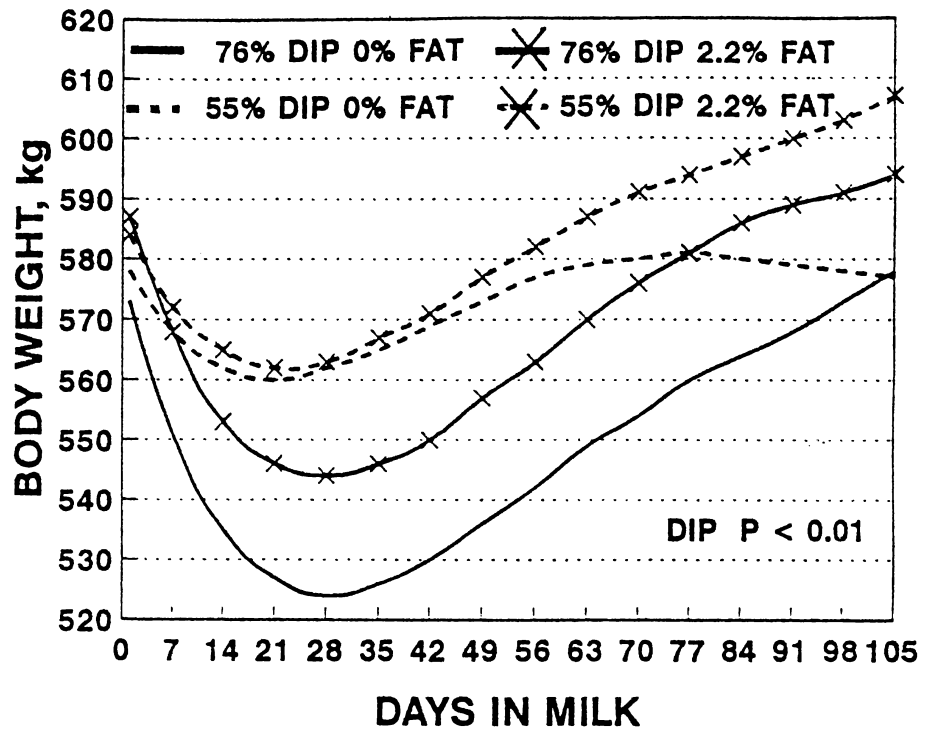
- Kappel, L.C., Ingraham, R.H., Morgan, E.B., Zeringue, L., Wilson, D., and Babcock, D.K. (1984). Relationship between fertility and blood glucose and cholesterol concentrations in Holstein cows. *Am. J. Vet. Res.* 45, 2607.
- Lucy, M.C., Gross, T.S., and Thatcher, W.W. (1990). Effect of intravenous infusion of a soybean oil emulsion on plasma concentration of 15-keto-13, 14-dihydro prostaglandin  $F_{2\alpha}$  and ovarian function in cycling Holstein heifers. In: *Livestock Reproduction in Latin America*, pp. 119-132. Internat. Atomic Energy Agency, Vienna.
- Lucy, M. C., Staples, C. R., Michel, F. M., and Thatcher, W. W. (1991b). Effect of feeding calcium soaps to early postpartum dairy cows on plasma prostaglandin  $F_{2\alpha}$ , luteinizing hormone, and follicular growth. *J. Dairy Sci.* 74, 483.
- Lucy, M. C., Staples, C. R., Michel, F. M., and Thatcher, W. W. (1991a). Energy balance and size and number of ovarian follicles detected by ultrasonography in early postpartum dairy cows. *J. Dairy Sci.* 74, 473.
- Lucy, M. C., Beck, J., Staples, C. R., Head, H. H., de la Sota, R. L., and Thatcher, W. W. (1992a). Follicular dynamics, plasma metabolites, hormones and insulin-like growth factor I (IGF-I) in lactating cows with positive or negative energy balance during the preovulatory period. *Reprod. Nut. Dev.* 3, 331.
- Lucy, M.C., de la Sota, R. L., Staples, C. R., and Thatcher, W. W. (1993). Ovarian follicular populations in lactating dairy cows treated with recombinant bovine somatotropin (somatotribove) or saline and fed diets differing in fat content and energy. *J. Dairy Sci.* 76, 1015.
- Lucy, M.C., Staples, C. R., Thatcher, W. W., Erickson, P.S., Cleale, R.M., Firkins, J.L., Murphy, M.R., Clark, J.H., and Bodine, B.O. (1992). Influence of diet composition, dry matter intake, milk production, and energy balance on time of postpartum ovulation and fertility in dairy cows. *Anim. Prod.* 54, 323.
- McGlothlen, M. E., Amin, F. E., Wilcox, C. J., and Davis, R. H. (1995). Effects on milk yield of crossbreeding zebu and European breeds in the Sudan. *Brazil. J. Genetics*, (in press).
- Moore, R. B., Fuquay, J. W., and Drapala, W. J. (1992). Effects of late gestation heat stress on postpartum milk production and reproduction in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 75, 1877.
- Morgan, A.R. and Williams, G.L. (1989). Effects of body condition and postpartum dietary lipid intake on lipid metabolism and pituitary function of beef cows. *J. Anim. Sci.* 67 (Suppl. 1), 385.
- Murphy, M., Uden, P., Palmquist, D. L., and Wiktorsson, H. (1987). Rumen and total diet digestibilities in lactating cows fed diets containing full-fat rapeseed. *J. Dairy Sci.* 70:1572.
- National Research Council, (1989). *Nutrient requirements of dairy cattle*. 6th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
- Putney, D. J., Drost, M., and Thatcher, W. W. (1989a). Influence of summer heat stress on pregnancy rates of lactating dairy cattle following embryo transfer or artificial insemination. *Theriogenology* 31, 765-778.

- Putney, D. J., Mullins, S., Thatcher, W. W., Drost, M., and Gross, T. S. (1989b). Embryonic development in superovulated dairy cattle exposed to elevated ambient temperatures between the onset of estrus and insemination. *Anim. Reprod. Sci.* 19, 37-51.
- Rueggsegger, G.J. and Schultz, L.H. (1985). Response of high producing dairy cows in early lactation to the feeding of heat-treated whole soybeans. *J. Dairy Sci.* 68, 3272.
- Ryan, D. P., Prichard, J. F., Kopel, E, and Godke, R. A. (1993). Comparing early embryo mortality in dairy cows during hot and cool seasons of the year. *Theriogenology* 39, 719.
- Ryan, D. P., D'Hoore, L., Snijders, S., and O'Farrel, K.J. (1994). Intrauterine transfer of bovine trophoblast vesicles during dioestrus after breeding to increase pregnancy rates in dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* 36, 175.
- Schneider, P.L., Sklan, D., Chalupa, W., and Kronfeld, D.S. (1988). Feeding calcium salts of fatty acids to lactating cows. *J. Dairy Sci.* 71, 2143.
- Sklan, D., Bogin, E., Avidar, Y., and Gurarie, S. (1989). Feeding calcium soaps of fatty acids to lactating cows: effect on production, body condition and blood lipids. *J. Dairy Res.* 56, 675.
- Sklan, D., Moallem, U., and Folman, Y. (1991). Effect of feeding calcium soaps of fatty acids on production and reproductive responses in high producing lactating cows. *J. Dairy Sci.* 74, 510.
- Sklan, D., Kaim, M., Moallem, U., and Folman, Y. (1994). Effect of dietary calcium soaps on milk yield, body weight, reproductive hormones, and fertility in first parity and older cows. *J. Dairy Sci.* 77, 1652.
- Spicer, L.J., Vernon, R.K., Tucker, W.B., Wetteman, R.P., Hogue, J.F., and Adams, G.D. (1993). Effects of inert fat on energy balance, plasma concentrations of hormones, and reproduction in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76, 2664.
- Staples, C. R., Thatcher, W. W., and Clark, J. H. (1990). Relationship between ovarian activity and energy status during the early postpartum period of high producing dairy cows. *J. Dairy Sci.* 73, 938-47.
- Storry, J.E. (1988). The effect of dietary fat on milk composition. Page 111 in *Recent Devel. in Ruminant Nutr.-2*. W. Haresign and D.J.A. Cole, eds., Butterworth, London.
- Talavera, F., Park, C.S. and Williams, G.L. (1985). Relationships among dietary lipid intake, serum cholesterol and ovarian function in Holstein heifers. *J. Anim. Sci.* 60, 10405.
- Thatcher, W. W., Staples, C.R., Danet-Desnoyers, G., Oldick, B., and Schmitt, E. J-P. (1994). Embryo health and mortality in sheep and cattle. *J. Anim. Sci.* 72 (Suppl. 3), 16.
- Vatnick, I., Ignatz, G., McBride, B.W., and Bell A.C. (1991). Effect of heat stress on ovine placental growth in early pregnancy. *J. Dev. Physiol.* 16, 163.



- West, J. W., Mullinix, B.G., and Sandifer, J. C. and T. G. (1991). Effects of bovine somatotropin on physiologic responses of lactating Holstein and Jersey cows during hot, humid weather. *J. Dairy Sci.* 74, 840.
- Williams, G.L. (1989). Modulation of luteal activity in postpartum beef cows through changes in dietary lipid. *J. Anim. Sci.* 6, 785.
- Wolfenson, D., Bartol, F.F., Badinga, L., Barros, C.M., Marple, D.N., Cummins, K., Wolf, D., Lucy, M.C.,
- Spencer, T.C., and Thatcher, W.W. (1993). Secretion of PGE<sub>2</sub> and oxytocin during hyperthermia in cyclic and pregnant heifers. *Theriogenology* 39, 1129-1141.
- Wolfenson, D., Flamenbaum, I. and Berman, A. (1988). Dry period heat stress relief effects on prepartum progesterone, calf birth weight and milk production. *J. Dairy Sci.* 71, 809.
- Wolfenson, D., Thatcher, W. W., Badinga, L., Savio, J.D., Meidan, R., Iew, B.J., Braw-Tal, R., and Berman, A. (1995). Effect of heat stress on follicular development during the estrous cycle in lactating dairy cattle. *Biol. Reprod.* 52, 1106.





GARCIA-BOJALIL, 1993

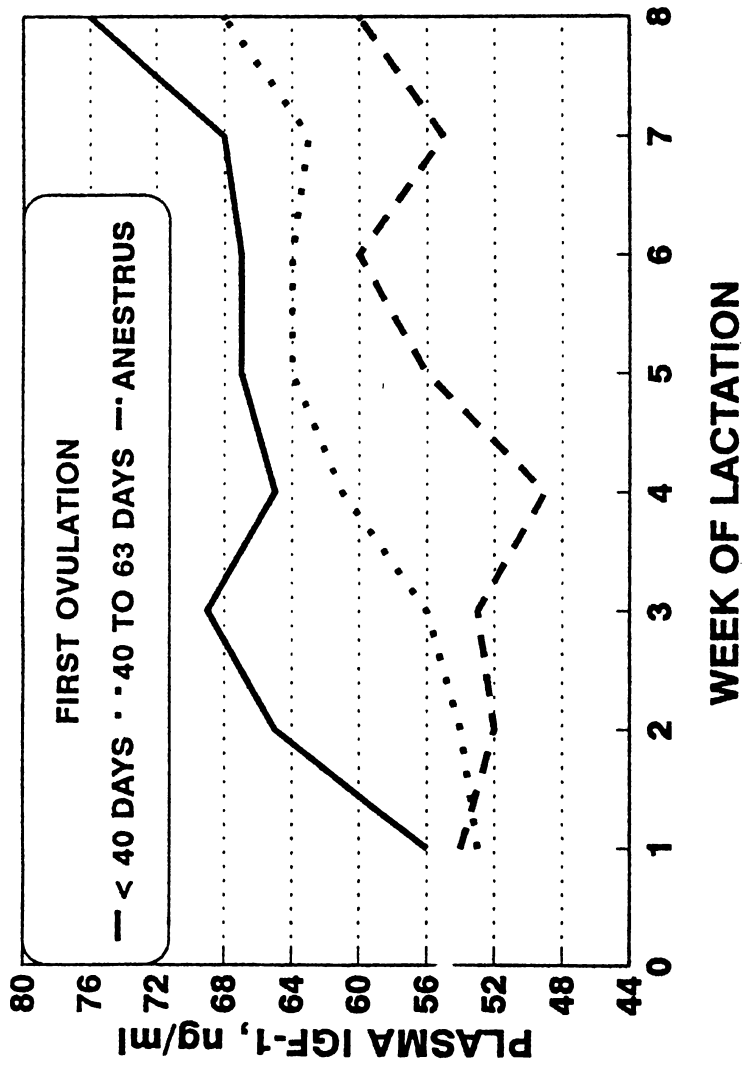


TABLA 1

EFFECTO DEL CONSUMO DE PROTEINA DEGRADABLE (DIP) Y LA SUPLEMENTACION DE SALES DE CALCIO EN ACIDOS GRASOS DE CADENA LARGA (FAT) SOBRE LA ACTIVIDAD LUTERAL DE VACAS LECHERAS EN LACTACION LOS PRIMEROS 50 DIAS DE POST-PARTO

MEDIDA	75 DIP		55 DIP		SEM	CONTRASTE ESTADISTICO		
	-FAT	+FAT	-FAT	+FAT		FAT	DIP	INT
Nº vacas	10	11	13	11				
v. anestro	4	1	1	1		Probabilidad		
Días de Cl	41.8	35.4	25.2	25.2	3.0	.074	.002	.110
Largo la.	7.5	13.4	16.4	19.8	2.3	.105	.009	.567
Fase Luteal								
P. Progesterona	3.9	7.8	8.1	6.3	1.3	.125	.009	.169
P. Acumulado	371	702	848	1007	99	.019	.001	.397

\*Progesterona (P.)