

DIAGNÓSTICO DE LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA DE LOS REBAÑOS LECHEROS Y FACTORES QUE LA AFECTAN

O. López, L. Lamela y Tania Sánchez

**Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey"
Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba
E-mail: olopez@indio.atenas.inf.cu**

El diagnóstico de la eficiencia reproductiva del rebaño es una de las más importantes acciones, y la primera, que deben llevar a cabo los profesionales para identificar los problemas en el campo de la reproducción animal. A partir de esta base diagnóstica pueden tomar decisiones y aplicar medidas correctivas para solucionar los problemas identificados. Asimismo pueden pronosticar, sobre bases científicas, el futuro desempeño reproductivo y productivo de la explotación ganadera objeto de estudio (Fredriksson, Kindahl, Alemus, Carlsson, Cort, Edquist y Uggla, 1990).

El comportamiento reproductivo puede evaluarse a través de indicadores para los cuales se han desarrollado fórmulas que permiten caracterizar cada uno de los componentes involucrados en el proceso; cualquiera que sea, exige tener registros confiables de información.

Estos indicadores, que se usan para medir la eficiencia reproductiva del hato lechero, se basan en constantes fisiológicas como la duración de la preñez, el tiempo de ovulación, el comienzo de la actividad sexual y el intervalo entre celos, casi todos sujetos a variaciones por causas infecciosas, nutricionales y de manejo, atribuibles al hombre o al medio ambiente.

Es necesario destacar que los resultados de las fórmulas para medir los indicadores reproductivos son simplemente cifras, que por sí solas carecen de significado, y que deben ser comparadas con niveles óptimos ya sea fisiológicos o para la zona o región donde se encuentre la finca.

El mantenimiento de una alta eficiencia reproductiva en el manejo del hato lechero es indispensable para alcanzar su rentabilidad en el corto y mediano plazo. Esto se manifiesta al comprobar que una buena eficiencia reproductiva permite incrementar la producción de leche por día de vida del hato y aumentar el número de terneros por vaca. Asimismo se logra disminuir los costos asociados con el mantenimiento de vacas secas, las pérdidas de producción debidas a problemas de parto, las consultas veterinarias, los costos de inseminación y el descarte de vacas por fallas reproductivas. Por último, incrementa la tasa de ganancia genética al permitir descartar vacas por baja producción en vez de hacerlo por problemas reproductivos (Wattiaux, 1998).

1. Indicadores más comunes de la eficiencia reproductiva y sus valores óptimos

Los índices reproductivos utilizados en la producción lechera son indicadores asociados a la reproducción y definidos para ser empleados en el análisis de los resultados técnicos de las explotaciones lecheras, obtenidos de distintas informaciones reproductivas del rebaño (partos, cubriciones, celos, etc.), que se utilizan para evaluar y conocer la realidad y la eficiencia reproductiva de la explotación; ellos facilitan la información objetiva que ayuda a la optimización económica de las explotaciones y lo más importante es que pueden dar la clave de las posibles causas y orígenes de una ineficiencia reproductiva. Los índices reproductivos evolucionan continuamente con el tiempo, las características de

la explotación (tamaño, nivel productivo), la localización geográfica y la época del año, por solo citar las más importantes (Dohoo, Martin, Meek y Sandals, 1983).

El conocimiento de los indicadores reproductivos, su análisis, síntesis, interpretación, evaluación y la toma de decisiones, a partir de los resultados

obtenidos, son acciones que tienen cada día mayor importancia en el destino de las explotaciones lecheras, debido a la gran correlación existente entre los índices reproductivos y los resultados económicos finales de la explotación (Fredriksson et al., 1990).

Tabla 1. Índices reproductivos más comunes y sus valores óptimos bajo condiciones ideales (Wattiaux, 1996).

Índice reproductivo	Valor óptimo	Valor con problema
Intervalo entre partos	12,5-13 meses	>14 meses
Promedio de días al primer celo observado	<40 días	>60 días
Vacas observadas en celo durante los primeros 60 días posparto	>90 días	<90 días %
Intervalo parto-primer servicio	45-60 días	>60 días
Servicios por concepción	< 1,7	>2,5
Índice de concepción al 1er. servicio en novillas	65-70 %	<60 %
Índice de concepción al 1er. servicio en vacas	50-60 %	<40 %
Vacas que conciben con menos de 3 servicios	>90 %	<90 %
Proporción de vacas con intervalo interestral de 18 a 24 días	>85 %	<85 %
Días abiertos o período parto-concepción	85-110 días	>140 días
Vacas vacías o abiertas por más de 120 días	<10 %	>15 %
Duración del período seco	50-60 días	<45 o >70 días
Promedio de edad al primer parto	24 meses	<24 o >30 meses
Porcentaje de abortos	<5 %	>10 %
Porcentaje de eliminación por infertilidad	<10 %	>10 %

Además de estos, existen otros índices reproductivos que pueden ser medidos en el rebaño, como los que se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Otros índices reproductivos usados para medir la eficiencia reproductiva del rebaño (Fetrow, Stewart y Eicker, 1997).

Índice reproductivo	Valor óptimo
Porcentaje de detección de celos (%)	50-70
Porcentaje de gestación de todos los servicios (%)	45-55
Edad al primer servicio o cubrición (meses)	13-15
Índice de eliminación por lactancia (%)	<8
Lactancias en la vida útil (n)	>3
Eficiencia reproductiva (%)	46
Porcentaje de reinicio de cubriciones (%)	80

A su vez Gallego (1998) sugiere el uso de otros índices reproductivos tales como: producción de leche por día de intervalo entre partos, índice de

fertilidad, porcentaje de eliminación de vacas por problemas reproductivos e índice de no retorno.

Aunque se resumieron los indicadores más usados en el mundo, no significa que se presentaran en su totalidad, ni que todos deban ser usados al hacer la evaluación de la eficiencia reproductiva de un rebaño (Blanco, 2000), pues es necesario tener en cuenta que la existencia de una gran cantidad de indicadores para medir la eficiencia de determinado proceso, impide que se centre la atención sobre aquellos verdaderamente importantes. No obstante a que existen varios índices, se proponen solo tres que expresan adecuadamente la eficiencia reproductiva global del rebaño (tabla 3).

Es evidente que existen determinados indicadores que, necesariamente, deben ser los más utilizados en la valoración de la eficiencia reproductiva del rebaño, ya que son los más eficaces y de menor complejidad para su obtención o cálculo, a la vez que se han validado científicamente en el diagnóstico reproductivo. Entre estos indicadores más usados se encuentran: el intervalo parto-parto (IPP), el intervalo parto-primer servicio (IPS), el intervalo parto-gestación (IPG) o período de servicio, los servicios por

gestación o índice de inseminación artificial y el porcentaje de gestación al primer servicio (Blanco, 2000).

Tabla 3. Indicadores de la eficiencia reproductiva global (Berry, 1997).

Medida	Valor excelente
Lactancia promedio del rebaño o promedio de días en leche	160
Porcentaje de vacas en lactancia que han sido diagnosticadas gestadas	55-60
Promedio de días abiertos de las vacas preñadas	110

2. Principales factores que afectan la eficiencia reproductiva del rebaño

La vaca productora de leche es el organismo más eficiente en la producción de nutrientes para el hombre. Es además, entre los rumiantes, la que muestra mayor tasa de síntesis de producto y sobre la cual existe una marcada presión de selección para aumentar su potencial de producción (Bloxham, 1980). Esto ha conducido a desarrollar un animal altamente susceptible a las influencias ambientales, nutricionales, infecciosas, etc., que pueden alterar su actividad reproductiva (Gallego, 1998).

2.1 Alimentación

Según Vecchiotti (citado por Cappa, 1993), la alimentación puede ser la causa de hipofertilidad en el 48 %, aproximadamente, de los bovinos con problemas en el área reproductiva. Las causas son consideradas de naturaleza infecciosa en un 29 %, hereditarias en un 12 % y de manejo en un 11 %. La alimentación es, por tanto, el primer factor que debe tenerse en cuenta para mejorar el comportamiento reproductivo de los rebaños en sentido general, por lo que es necesario hacer un análisis detallado de la relación entre nutrición y fertilidad en los rebaños bovinos.

2.1.1 Alimentación de la vaca en el período seco

Uno de los aspectos más críticos para lograr un adecuado rendimiento productivo y reproductivo en un rebaño, es la atención detallada del manejo y la alimentación durante el marco de 6 semanas centrado alrededor del período en que las vacas paren e inician nuevas lactancias (Chandler, 1992).

Muchos productores tienen la costumbre de dedicar un esfuerzo mínimo al manejo nutricional de las vacas secas. Como estas no están

aportando leche, las insuficiencias nutricionales no parecen tener efectos negativos en la rentabilidad de la vaquería. Sin embargo, si la nutrición de las vacas secas es subóptima ocurrirá un efecto económico negativo en la próxima lactancia.

Los efectos potencialmente negativos van más allá del riesgo incrementado de enfermedades metabólicas e incluyen la disminución del consumo de materia seca durante la lactancia, una baja producción de leche y un pobre comportamiento reproductivo en la siguiente lactancia. En el período seco ocurren cambios importantes que influirán en la próxima lactancia. El tejido mamario tiene que involucionar, regenerarse y entonces producir calostro de alta calidad. El feto dentro de la madre completará casi dos tercios de su crecimiento durante esta etapa, el cual tendrá prioridad sobre el mantenimiento de los tejidos del propio cuerpo de la madre (Oetzel, 1999).

Metas fisiológicas del período seco

Las investigaciones recientes han ayudado a identificar cuatro eventos fisiológicos muy importantes (Goff y Horst, 1996) que describen la influencia de la calidad del programa de alimentación de las vacas secas. Estos eventos fisiológicos se resumen como sigue:

1. Adaptación del rumen a la dieta con mayor contenido de energía que será ofrecida al principio de la lactancia. Esto incluye adaptación de los microorganismos del rumen y alargamiento de las papilas para una mayor absorción de ácidos grasos volátiles (AGV).
2. Mantenimiento de concentraciones normales de calcio en sangre durante el período del parto. La hipocalcemia clínica y subclínica puede afectar adversamente la producción de leche durante toda la lactancia siguiente.
3. Mantenimiento de un sistema inmune fuerte al parto. La función del sistema inmune tiene efectos directos en la susceptibilidad de la vaca a las enfermedades infecciosas y su riesgo de placenta retenida.
4. Mantenimiento de un balance de energía positivo durante el período seco. Como el consumo de materia seca puede declinar dramáticamente antes del parto (Bertics, Grummer, Cadorniga-Valino y Stoddard, 1992), las vacas pueden entrar en balance energético negativo (BEN). Esto aumenta el riesgo de infiltración grasa del hígado y la cetosis consiguiente.

La alimentación efectiva y las adecuadas prácticas de manejo durante el período seco le

permiten a la vaca cumplir cada una de estas cuatro metas fisiológicas.

Según Oetzel (1999), para poder establecer un buen manejo alimentario durante este período, las vacas gestantes secas deben ser divididas en dos grupos de acuerdo con el tiempo que demore su arribo al parto:

1. Vacas secas próximas: son las vacas en las tres semanas finales antes de su fecha de parto.
2. Vacas secas alejadas: son aquellas vacas a las que les falta más de tres semanas y menos de dos meses para su arribo al parto.

La experiencia clínica indica que establecer un programa de alimentación de vacas secas de dos grupos trae aparejado un incremento considerable en la producción de leche, así como el mejoramiento de la salud y la fertilidad al principio de la lactancia.

Un programa alimentario para vacas secas, tendente a reducir los procesos dismetabólicos y a favorecer la eficiencia reproductiva, es el que se indica a continuación (Cappa, 1993):

- Evitar un excesivo engrasamiento en las vacas.
- Intentar mantener la condición corporal (CC) entre 3 y 3,5.
- Suministrar raciones que contengan el 40-50 % de FND (fibra neutro detergente).
- Limitar las cantidades de calcio a menos de 100 g. Mantener la relación Ca:P de la ración en menos de 2:1, con preferencia por una relación 1,3-1,4:1.
- Limitar el consumo de forrajes de leguminosas, porque son ricas en calcio, potasio y sodio.
- Evitar el suministro de raciones con un contenido de proteína superior al 12-13 % y menor que 10 %.
- Aumentar, a partir de las dos semanas antes del parto, la cantidad de concentrados para favorecer el desarrollo de las papilas ruminales y la multiplicación de la flora amilolítica, en el caso de que vayan a recibir este tipo de alimento durante la lactancia.

2.1.2 Energía y fertilidad

Los requerimientos nutricionales cambian abruptamente en el parto con el rápido aumento de la producción de leche y la entrada de las vacas en BEN. La severidad y duración del BEN está primariamente relacionada con el consumo de materia seca, el cual a su vez está asociado con la condición corporal en el momento del parto. El BEN durante las primeras 3-4 semanas posparto está altamente correlacionado con los días a la primera ovulación. Así, un pequeño retraso en la primera

ovulación está positivamente asociado con un incremento del período de servicio. Es por esto que la duración del intervalo entre el parto y la primera ovulación representa una importante interacción de la condición energética del animal con su comportamiento reproductivo (Butler, 2000b).

En las vacas lecheras el rápido incremento en los requerimientos de energía al inicio de la lactación resulta en un BEN que comienza unos pocos días antes del parto y usualmente alcanza su nivel más negativo (nadir) alrededor de dos semanas después (Butler y Smith, 1989; Bell, 1995).

A través de diferentes estudios se ha determinado que la magnitud del BEN, durante las tres primeras semanas de lactación, está altamente correlacionada con el intervalo desde el parto hasta la primera ovulación (Saloniemi, 1993; Butler, 2000b). De acuerdo con Butler y Smith (1989) la primera ovulación ocurre aproximadamente 10 días después del máximo balance energético negativo y cerca del pico de lactación. En el momento de la ovulación el balance energético es aún negativo, pero está retornando hacia el balance positivo.

En estudios con vacas controladas individualmente durante 12 semanas después del parto, con un balance energético negativo (BEN) o positivo (BEP) y una correspondiente diferencia en la producción de leche, se ha demostrado un comportamiento reproductivo también diferente. En el primer ciclo estral han ovulado sólo el 16,7 % de las vacas en BEN y el 60 % de las vacas en BEP. En el segundo ciclo estral la ovulación fue de 66,7 y 80 %, respectivamente. Una correspondiente respuesta se ha observado en el control de la progesterona hemática, con marcadas diferencias entre las vacas en BEN y en BEP en el primer ciclo estral, que fueron menos evidentes en el segundo ciclo (Cappa, 1993).

Este comportamiento en la actividad ovárica de las vacas en el primer y segundo ciclo sexual hay que atribuirlo a las mejores condiciones del organismo, debidas a un balance energético cada vez menos negativo al alejarse del parto y, por tanto, a una regular reanudación de la actividad reproductiva.

Es bien conocido que las vacas sobrecondicionadas al parto pueden exhibir una disminución del apetito y desarrollar más severo el BEN que las vacas de condición moderada. Como resultado, las vacas obesas sufren un incremento en la movilización de grasa corporal y acumulan

más triglicéridos en el hígado, lo que se asocia con un mayor intervalo hasta la primera ovulación y una reducción de la fertilidad (Butler y Smith, 1989; Rukkwansuk, Wensing y Kruip, 1999).

A pesar del BEN existente, entre 5 y 7 días después del parto se desarrolla una oleada de maduración folicular en respuesta a la elevación de las concentraciones plasmáticas de la hormona folículo estimulante (FSH). Sin embargo, se han descrito tres consecuencias del desarrollo folicular (Beam y Butler, 1997): 1) ovulación del primer folículo dominante (16-20 días posparto); 2) sin ovulación del primer folículo dominante seguido por retorno a una nueva oleada folicular; y 3) el folículo dominante no puede ovular y se convierte en un quiste. El desarrollo de un folículo dominante no ovulatorio o de un quiste folicular prolonga el intervalo entre el parto y la primera ovulación hasta 40 ó 50 días después del parto.

De acuerdo con lo anterior, los folículos que emergen después del BEN-nadir, muestran un mayor crecimiento y diámetro, producen más cantidad de estradiol y tienen más probabilidad de ovular (Beam y Butler, 1997). De ahí la necesidad de que las vacas logren lo antes posible el balance energético posparto.

La baja disponibilidad de energía durante el BEN no solamente suprime la secreción pulsátil de la hormona luteinizante (LH), sino también reduce la respuesta del ovario a la estimulación con LH (Butler, 2000a). Las concentraciones plasmáticas de glucosa e insulina son más bajas en las vacas con BEN (Beam y Butler, 1999; Butler, 2000a) y se conoce que la insulina estimula las células foliculares bovinas *in vitro* (Spicer, Alpizar y Echterkamp, 1993) e *in vivo* (Simpson, Chase, Spicer, Vernon, Hammond y Rae, 1994). Asimismo, los niveles plasmáticos de Factor de Crecimiento I parecido a la Insulina (IGF-I) están directamente relacionados con la condición de energía, además de que son indispensables para el desarrollo de los folículos ováricos (Beam y Butler, 1999).

Los efectos del detrimento del BEN o la desnutrición a principios de la lactancia parecen manifestarse como fertilidad reducida durante el período reproductivo. En rebaños lecheros normales no es posible la evaluación directa del BEN en vacas individuales, pero los cambios en la CC proporcionan una medida indirecta. Mientras mayor sea la pérdida de CC, menor será la tasa de concepción. Las vacas que pierden una unidad o más de CC (escala de 5 puntos) durante el principio de la lactancia tienen un mayor riesgo de fertilidad reducida, con tasas de concepción de 17- 38 % (Butler, 2000b).

Recientemente se ha encontrado que existe una asociación positiva entre el comienzo temprano de

los ciclos ovulatorios y el mejoramiento de la tasa de concepción a la primera inseminación (Butler, 2000a). De ahí que minimizar el intervalo entre el parto y la primera ovulación, a través de la reducción de la magnitud del BEN, proporciona el tiempo suficiente para la terminación de múltiples ciclos ováricos antes de la inseminación, lo que a su vez mejora la tasa de concepción (Butler y Smith, 1989).

En un estudio realizado por Reksen, Gröhn, Havrevoll, Bolstad, Waldmann y Ropstad (2001) en el que se midió el efecto de diferentes niveles de concentrado en la dieta, en la actividad ovárica posparto, se encontraron valores positivos de BE y una menor producción de leche en las vacas con un rápido reinicio de la actividad ovárica, comparado con las vacas que tuvieron una respuesta retardada de los ovarios.

Las investigaciones realizadas han demostrado que las concentraciones de progesterona en el plasma fueron menores en un 25 % en novillas alimentadas con una dieta rica en energía, comparado con aquellas alimentadas con una dieta pobre en energía, presumiblemente como resultado del aumento de la eliminación metabólica de esta hormona (Nolan, O'Callaghan, Duby, Lonergan y Boland, 1998). También en vacas lactantes el alto contenido de proteína en la dieta pudiera aumentar la tasa de eliminación metabólica de esta hormona (Westwood, Lean y Kellaway, 1998).

Durante el inicio de la actividad reproductiva después del parto, el incremento en la eliminación de progesterona, debido a un alto consumo de energía o proteína en la dieta, puede combinarse con los efectos secundarios del BEN, lo que conlleva menores concentraciones de progesterona en el plasma y una reducción de la fertilidad (Butler, 2000b).

El mecanismo por el cual el BEN, a principios del período posparto, se manifiesta en una reducción en la producción de progesterona dos meses después, no se ha establecido. Britt (1992) presentó la hipótesis de que los folículos ováricos sufren detrimento por la exposición al BEN durante las primeras etapas de su crecimiento y desarrollo y, por tanto, la ovulación de estos folículos afectados pudiera llevar a una secreción más baja de progesterona.

También la composición de la dieta desempeña un papel importante en el comportamiento reproductivo de los rebaños bovinos productores de leche. Así, en un trabajo realizado por McGowan, Veerkamp y Anderson (1996), donde compararon dos líneas de ganado lechero, una línea de selección (novillas y vacas de alto potencial lechero) y otra control (novillas y vacas de mediano potencial lechero), se encontró que tanto la línea de

selección como la control, alimentadas con una dieta alta en concentrados, tuvieron un intervalo interpartal significativamente mayor que aquellas alimentadas con dietas bajas en concentrados.

2.1.3 Proteína y fertilidad

La relación existente entre los constituyentes proteicos de la ración y los mecanismos fisiológicos de la reproducción son múltiples. Por ejemplo, las hormonas reguladoras hipotalámicas (GnRH) e hipofisarias (FSH y LH) son de origen proteico; de igual forma, los aminoácidos son esenciales para la supervivencia y transporte de los gametos, la nutrición del embrión y el desarrollo fetal (Cappa, 1993).

Las proteínas pueden tener influencia en la fertilidad de las vacas debido a su presencia en la ración por defecto o por exceso, pero también por un insuficiente aporte de energía (Cappa, 1993).

La deficiencia en el consumo de proteína en la ración puede influir en el rendimiento reproductivo mediante un alargamiento del intervalo entre el parto y el primer estro, y también a través de la disminución en el número de fecundaciones (Cappa y Vazhapilly, 1991).

Las vacas con deficiencia de aminoácidos pueden tener un retardo en la primera ovulación y la primera inseminación, pero no presentan disminución en el rango de concepción (Ferguson y Chalupa, 1989).

La alta producción de leche en las vacas depende de los altos niveles de proteína y energía en la dieta. En dependencia de la cantidad y composición de la proteína, pueden disminuir las concentraciones séricas de progesterona, alterarse el ambiente uterino y menguar la fertilidad (Butler, 1998). Como el metabolismo y utilización de la proteína de la dieta dependen de la disponibilidad de energía, los efectos de alimentar con dietas altas en proteína, que se sobreponen a los efectos del BEN, representan otra importante interacción de la nutrición con el comportamiento reproductivo de vacas lecheras (Butler, 2000b).

Las dietas con un alto contenido de proteína bruta (17-19 %) se ofrecen típicamente durante el principio de la lactancia para estimular y apoyar la alta producción de leche (Grings, Roffler y Deitelhoff, 1991); sin embargo, las dietas ricas en proteína se han asociado con la reducción del comportamiento reproductivo (Butler, 1998). A partir de estudios anteriores, estos mismos autores encontraron que la alimentación con dietas ricas en proteína no parece tener un gran impacto en el reinicio de la actividad ovárica en vacas posparto. En contraste, se ha evidenciado que las concentraciones reducidas de progesterona en el

plasma durante el principio del período de reproducción pudieran ser una consecuencia combinada de las elevadas demandas metabólicas, debido a un alto rendimiento lechero (BEN) y al mayor consumo de proteína en la dieta.

La fertilidad no es inherente al inicio de la ovulación; por tanto, la expresión del estro y la concepción mejoran con cada ciclo de celo hasta el tercer estro después del parto (Ferguson, 1996). De ahí que la fertilidad de las vacas en el primer intento de fecundación esté relacionada con el número de ciclos ovulatorios regulares que la preceden (Cappa y Vazhapilly, 1991).

A pesar de los estudios realizados, muchos autores no han encontrado un efecto directo del incremento de la proteína cruda en el intervalo desde el parto hasta el primer celo observado (Canfield, Sniffen y Butler, 1990). Carroll, Barton, Anderson y Smith (1988) observaron un comportamiento similar, pero encontraron que las vacas alimentadas con una dieta que contenía 20 % de PC tuvieron significativamente un período mayor ($P < 0,05$) desde el parto a la primera ovulación que las vacas cuya dieta contenía un 15 % de proteína.

Barton, Rosario, Anderson, Grindle y Carroll (1996) estudiaron el efecto del incremento de PC en la dieta (13-20 %) y encontraron que las vacas que consumieron una dieta con mayor porcentaje de PC, tuvieron un mayor intervalo del parto a la primera ovulación; esto ocurrió solamente en las vacas con problemas de salud posparto, como quistes ováricos, retención placentaria, distocia y metritis.

De igual forma se ha reportado un incremento en el intervalo entre el parto y la primera actividad luteal en vacas que consumían dietas con un alto nivel de proteína digestible en rumen (PDR) (García-Bojalil, Staples, Risco, Savio y Thatcher, 1998).

Los días a la primera inseminación, una medida reproductiva que es función del porcentaje de retorno a una actividad estral normal después del parto, fue como promedio 9 días más prolongado en las vacas que consumieron dietas con un alto porcentaje de proteína no digestible en rumen (PNDR) que en aquellas que consumieron dietas con una moderada proporción de este nutriente (McCormick, French, Brown, Cuomo, Chapa, Fernández, Beatty y Blouin, 1998).

La reducción en el porcentaje de gestación al primer servicio es uno de los descubrimientos más comunes en los estudios del efecto de la proteína de la dieta en la fertilidad (Laven y Drew, 1999). En un estudio al respecto, Canfield et al. (1990) compararon el efecto de dos dietas isocalóricas con diferente porcentaje de PC, en el rango de

concepción al primer servicio. La primera dieta contenía 16 % de PC y fue equivalente con los requerimientos para una efectiva PDR y PNDR; la segunda dieta contenía 20 % de PC y fue formulada para exceder solamente los requerimientos de PDR. El porcentaje de gestación al primer servicio fue significativamente menor en las vacas de todas las edades, que consumieron la dieta con un mayor nivel de PC (31 vs 48 %).

Por su parte Clark, Orr y Davison (1985), en un estudio donde compararon dos grupos de vacas, uno alimentado con una dieta que contenía un 10 % de PC y otro en el que a esta misma dieta se le añadió harina de carne y huesos (una fuente de PNDR) hasta que alcanzó 16 % de PC, obtuvieron que el porcentaje de gestación al primer servicio en el grupo con baja proteína fue de 64,7 %, comparado con 33,3 % en el grupo con alta proteína. Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre los grupos, debido a la baja cantidad de animales utilizada en el experimento.

De igual forma, Ferguson, Blanchard, Galligan, Hoshall y Chalupa (1988) investigaron las causas de la disminución en el porcentaje de gestación al primer servicio en un rebaño con un intervalo interestro regular, buena detección de celo (70 %) y un IPS satisfactorio (75 días). Dos meses antes de ocurrir la disminución en la fertilidad, la dieta había sido cambiada y las vacas recibieron 94 % de sus requerimientos de energía, 115 % de PC y 120 % de PDR. Una reformulación de la dieta para balancear los requerimientos de PC y energía ocasionó una mejoría en el porcentaje de gestación (14,3 % en octubre- 46 % en noviembre), pero la diferencia no fue significativa debido al bajo número de animales. Sin embargo, los autores demostraron que hubo una correlación positiva entre la concentración de urea en el plasma y el porcentaje de gestación.

Elrod y Butler (1993) estudiaron el efecto de las dietas que contenían 15,5 y 21,8 % de PC en la fertilidad de novillas Holstein sin inseminar. La dieta baja en proteína era equivalente con los requerimientos de PDR y PNDR, pero la dieta alta en proteína excedió sus requerimientos de PDR en 50 % por la incorporación de urea. Además, ambas dietas contenían solo el 70 % de los requerimientos de energía metabolizable. El porcentaje de gestación al primer servicio en el grupo con alto nivel de proteína fue significativamente menor ($P < 0,05$) que el del grupo con bajo nivel de proteína (61 vs 82 %).

Los resultados del estudio de Clark et al. (1985) mostraron que la proteína cruda de la dieta tuvo un efecto en el rango de concepción, aunque no hubo diferencias significativas debido al número de animales; sin embargo, se apreció que el

incremento en el nivel de proteína de la ración aumentó el número de servicios por gestación de 1,5 a 3. Otros autores no han encontrado efecto de las dietas con alto contenido de PC en el número de servicios por gestación (Laven y Drew, 1999).

Barton et al. (1996) reportaron que para el caso de los días abiertos, solamente las vacas con problemas de salud posparto tuvieron un mayor intervalo entre el parto y la concepción cuando el porcentaje de PC de la dieta aumentó de 13 a 20 %. El promedio de días abiertos fue de 64 días para las vacas sanas y de 112 días para las que manifestaron problemas de salud posparto.

Sin embargo, en un estudio realizado por McCormick et al. (1998) en el que evaluaron tres dietas: 1) alta PC y moderado nivel de PNDR; 2) moderada PC y moderado nivel de PNDR; y 3) moderada PC y alto nivel de PNDR, se halló que los animales que consumieron la dieta que contenía el mayor porcentaje de PC mostraron un menor porcentaje de gestación en el primer servicio (24,1 vs 41 %) y en todos los servicios (53,4 vs 75,4 %) con respecto a las que consumieron la dieta con un moderado porcentaje de PC. Además, permanecieron sin gestar como promedio 15 días más que el resto.

De acuerdo con Ferguson y Chalupa (1989), existe una probabilidad predecible de un 3 % de disminución en el porcentaje de gestación por cada 0,1 kg de incremento en el porcentaje de PDR sobre los requerimientos del animal.

Hasta este momento ha habido una gran cantidad de teorías que tratan de relacionar la reducción de la fertilidad con el incremento en el consumo de PC. Sin embargo, la principal cuestión que debe ser analizada es si el efecto se debe, directamente, al aumento del consumo de PC, o indirectamente, a la reducción en la disponibilidad de energía (Laven y Drew, 1999).

Normalmente los excesos de proteína cruda son degradados a amoníaco por los microorganismos ruminales; este es absorbido por la circulación portal y rápidamente convertido en urea por el hígado. Las concentraciones de nitrógeno ureico en el plasma (NUP) por encima de 19 mg/dL han sido asociadas con un porcentaje de gestación reducido en vacas lecheras (Ferguson, Galligan, Blanchard y Reeves, 1993).

La elevación de urea y amoníaco en sangre puede conllevar a dos efectos dañinos diferentes. En primer lugar, ellos pueden tener un efecto tóxico directo en el óvulo, los espermatozoides y los embriones jóvenes. En segundo lugar, el amoníaco puede causar trastornos en el metabolismo intermediario e influir en las concentraciones sanguíneas de glucosa, lactosa, ácidos grasos

libres y urea, así como en la función endocrina y del cuerpo lúteo (Saloniemi, 1993).

El desarrollo exitoso del embrión depende de la naturaleza del ambiente uterino. El lumen uterino es dinámico y exhibe diferencias marcadas entre las distintas etapas del ciclo estral como consecuencia de la regulación esteroidea ejercida por el ovario en la actividad secretora del endometrio. Se ha demostrado que el consumo de dietas ricas en proteína por vacas lactantes altera el pH y las concentraciones de otros iones en las secreciones uterinas, pero sólo durante la fase lútea y no en el estro. El pH uterino también fue afectado en novillas alimentadas con exceso de PDR y se asoció con la reducción en la fertilidad (Butler, 1998).

Los estudios de cultivos de células, *in vitro*, del endometrio de bovinos han demostrado que la urea altera el grado de pH a través de las células polarizadas y aumenta la secreción de Prostaglandina $F_{2\alpha}$ que puede interferir en el desarrollo y la viabilidad del embrión (Butler, 1998).

En vacas alimentadas tanto con dietas con una alta cantidad de proteína cruda como con una deficiencia de energía, se han observado muchos cambios en el balance endocrino. Por tanto, es difícil decir qué es más importante: una adecuada suplementación energética o una correcta cantidad y composición de la proteína consumida.

Se ha demostrado que la suplementación de dietas que contengan fuentes de PNDR disminuye la concentración de urea en el plasma y mejora el comportamiento reproductivo de los animales (Butler, Calaman y Beam, 1996).

No todos los investigadores han encontrado una relación negativa entre el porcentaje de proteína en la dieta y la reproducción (Carroll, Hossain y Keller, 1994), lo cual sugiere que otros factores tales como la producción de leche, el estado energético del animal y el manejo reproductivo pueden contribuir a mitigar los efectos nocivos del exceso de proteína.

2.2 Clima

La acción del clima en el comportamiento reproductivo y la producción en los bovinos puede ser de dos formas interrelacionadas: la acción directa, que determina el grado de equilibrio entre la fisiología del animal y el ambiente que lo rodea, lo cual se denomina confort y es responsable del aprovechamiento de los alimentos; y la acción indirecta, que se manifiesta principalmente a través de la producción de alimentos, la cual contribuye a su vez al mayor o menor aprovechamiento del grado de confort (Morillo, 1994).

2.2.1 Temperatura

La temperatura del aire es considerada el principal factor climático del ambiente físico de los animales que afecta su comportamiento y productividad. La zona de confort o zona de termoneutralidad para los bovinos está entre los 5 y 20°C (Cowan, Moss y Kerr, 1993), la que puede llegar incluso hasta 27°C según el origen y la raza del animal (Bodisco y Rodríguez, 1985). Sin embargo, el rango óptimo de temperatura para vacas lecheras varía entre 13 y 18°C (McDowell, 1972).

Se han realizado distintos estudios encaminados a determinar cuál es la temperatura ambiental a partir de la que se ve afectada la eficiencia reproductiva de una vaca lechera. Aunque los resultados de dichos estudios no coinciden, la mayoría de ellos sitúan esa temperatura límite en un margen que va desde los 21,1 a los 32,2°C, en función del área geográfica donde se realice el estudio (Mazzucchelli y Tesouro, 2001).

En condiciones tropicales se ha observado que la temperatura bajo la copa de los árboles es, como promedio, 2-3°C por debajo de la observada en áreas abiertas (Wilson y Ludlow, 1991); mientras que en condiciones específicas de sitio se han detectado diferencias de hasta 9,5°C (Reynolds, 1995). Además, los árboles interfieren parcialmente el paso de la radiación solar hacia la superficie corporal del animal, lo que alivia su contribución potencial al incremento en la carga calórica (Weston, 1982).

En términos generales, la contribución de los árboles en la prevención o reducción del estrés de calor es mayor a medida que se eleva la temperatura ambiental y cuando se trabaja con animales de razas europeas, como Holstein, Jersey y Pardo Suizo, cuya zona de termoneutralidad tiene un rango más estrecho que el de las especies nativas o adaptadas al trópico (Cowan et al., 1993).

La reducción de la temperatura por la sombra de los árboles, aunque sea de 2 a 3°C, es extremadamente importante cuando la temperatura ambiental sobrepasa el límite superior del área de confort. Fuera de esos límites fallan los mecanismos de pérdida o emisión de calor que poseen los animales homeotermos, lo que resulta en una elevación de la temperatura corporal, con sus consecuencias en la producción y la reproducción (Djimde, Torres y Migongo-Bake, 1989).

En las vacas productoras de leche la tolerancia al calor es menor como consecuencia, básicamente, de la gran cantidad de calor metabólico que se produce en estos animales, debido al elevado consumo de materia seca para

mantener el alto nivel de producción y al incremento de su tasa metabólica (Mazzucchelli y Tesouro, 2001).

Cuando la producción de calor interna del animal supera la tasa de disipación que permite el ambiente (balance calórico positivo) se reduce el tiempo de pastoreo; mientras que la permanencia e inactividad en la sombra y la ingestión de agua aumentan (Bodisco y Rodríguez, 1985). Se produce también un incremento de los ritmos cardíaco y respiratorio y de las temperaturas rectal, vaginal y uterina (Rodríguez-Hernández, Guevara, Núñez y Verde, 1989).

Generalmente las altas temperaturas también están asociadas con la duración y la intensidad reducidas del estro (Aréchiga, Staples, McDowell y Hansen, 1998), la prolongada duración del ciclo, el cese de la ovulación, la alteración de los perfiles hormonales, la reducción de la tasa de concepción (Hemsworth, Barnett, Beveridge y Matthews, 1995), el menor desarrollo embrionario (Biggers, Geisert, Wetterman y Buchanan, 1987), la interferencia con la espermatogénesis y la disminución de la calidad del semen (McDowell, 1972).

El mecanismo por el cual se afecta la fertilidad en las vacas con estrés por calor aún no está bien dilucidado. Sin embargo, se cree que el flujo sanguíneo es desviado desde los órganos internos hacia los tejidos periféricos en un intento de reducir la temperatura corporal mediante un aumento de las pérdidas de calor. Este mecanismo acarrea una disminución en el riego sanguíneo destinado a los órganos internos, entre los que se hallan el útero, los oviductos y los ovarios; la disminución en el riego sanguíneo de estos órganos provoca también una menor disponibilidad de nutrientes y, por tanto, de su capacidad funcional. Es cierto que las vacas quedan gestantes en climas muy calientes, pero los índices de fertilidad en dichas latitudes son, en términos globales, bastante bajos (Mazzucchelli y Tesouro, 2001).

Otro mecanismo es el que plantea que la incidencia de factores estresantes provoca un incremento de la secreción de CRH (hormona liberadora de corticotropina), que a su vez conlleva al aumento en la secreción de la hormona adenocorticotropa (ACTH). Estas dos hormonas tienen un efecto marcado en la reproducción, pues la primera inhibe la secreción de GnRH por el hipotálamo, mientras que la segunda inhibe la secreción pulsátil de LH por la hipófisis, lo que se potencia aún más por la escasa liberación de GnRH (Phogat, Smith y Dobson, 1997; Phogat, Smith y Dobson, 1999a; 1999b).

Por otra parte, se conoce que los opioides están claramente implicados en la mediación de los

cambios inducidos por el estrés en la secreción de LH (Dobson y Smith, 2000).

Los efectos de las altas temperaturas son más marcados en los animales jóvenes y en aquellos con un alto porcentaje de pelaje negro o elevada proporción de genes de razas lecheras altamente especializadas (Rodríguez-Hernández y Guevara, 1992). Por otra parte, dichos efectos pueden ser atenuados o acentuados por otros factores, tales como la velocidad del viento, la humedad relativa o la disponibilidad de agua de bebida (Morillo, 1994).

A su vez la zona térmica neutral para el ganado varía enormemente en dependencia de la raza, la edad y los elementos climáticos como el viento, la radiación solar, la temperatura y la humedad; por ello, usualmente esta zona se expresa como índice temperatura humedad (ITH) (Avendaño, 1995).

Índice temperatura humedad

El ITH refleja adecuadamente, en el bovino, el efecto combinado de la temperatura ambiente y la humedad relativa (Ingraham, Gillete y Wagner, 1974) y se usa para indicar, en forma aproximada, el grado de estrés en vacas Holstein (Hahn, 1985). Se calcula de la siguiente manera:

$$ITH = db(^{\circ}C) - \frac{(0,55 - 0,55 RH)}{100} (db(^{\circ}C) - 58);$$

Donde:

Db= Temperatura de bulbo seco

RH= Humedad relativa

Se ha calculado que el nivel crítico superior de ITH para la mayoría de los bovinos lecheros en las zonas templadas es de 72. Cuando el ITH está por encima de este valor, el animal se encuentra en estrés por calor, ya que está por encima del límite superior de la zona termoneutral, considerada como el intervalo de condiciones que facilitan una óptima producción y reproducción. Es decir, el animal mantiene una temperatura corporal normal sin alterar su tasa metabólica basal (Collier, Beede, Thatcher, Israel y Wilcox, 1982).

Se ha comprobado que el incremento del ITH en las vacas lecheras provoca disminución del consumo de alimentos, aumento de la ingestión de agua (National Research Council, 2001) y de la temperatura rectal, cambios endocrinos con depresión de la actividad tiroidea (Ryan, Boland, Kopel, Armstrong, Munyakasi, Goodke e Ingraham, 1992) y de los niveles de tiroxina y triyodotironina (Pérez, Mendoza, Álvarez y Fernández, 1997), y además reducción de la eficiencia productiva (Ray, Halbach y Armstrong, 1992) y reproductiva (Koutinhoun, 1994).

El ITH tiene un efecto significativo en la tasa de concepción, particularmente dos días antes de la inseminación, ya que cuando el ITH se incrementa de 68 a 78 unidades, la tasa de concepción se reduce de 66 a 35 % (Imakawa, Kittock y Kinder, 1983).

Desde hace varios años se conoce que la producción del estrés por calor ambiental en los animales homeotermos no es solo una función de la temperatura del aire, sino del efecto simultáneo de la temperatura, la humedad relativa y la velocidad del viento (Alba, Koutinhoun y Torres, 1999).

Para medir el grado de estrés por calor en las vacas lecheras, además del ITH se usa el índice de calor sofocante (ICS), el cual fue un método creado originalmente para medir este efecto en los humanos. Posteriormente esta fórmula del ICS fue utilizada por Alba, Machín y García (1993) en un grupo de novillas Holstein y se comprobó una aceptable efectividad en la estimación del estrés por calor.

Por último, Alba et al. (1999), al aplicar este método en vacas Holstein, confeccionaron una tabla que permite obtener el ICS directamente sin tener que realizar los cálculos, lo que simplifica el procedimiento, ya que solo deben realizarse las mediciones de temperatura y humedad relativa del aire.

La fórmula para el cálculo del ICS es la siguiente:

$$ICS = \frac{TVA - 14,08}{1,5}$$

Donde:

- ICS=Índice de calor sofocante
- TVA=Tensión de vapor de agua, en milímetros
- 14,08=Valor crítico de la TVA, a partir del cual comienza la sensación de calor sofocante
- 1,5=Valor crítico bioclimático de la sensación de calor sofocante determinado experimentalmente por Goguishvili (1965)

El ICS aventaja al ITH en que para su cálculo se utiliza la tensión de vapor de agua, que se considera más precisa que la humedad relativa. La amplitud de variación de los rangos obtenidos en el ICS es más estrecha y la temperatura se mide en grados centígrados.

En la tabla 4 se puede observar el resultado del ICS, en el que se consideran cinco rangos de valores, así como el ITH, la frecuencia respiratoria (FR) y el nivel de estrés correspondiente a cada rango.

Tabla 4. Rangos de ICS e ITH para cada nivel de estrés por calor en vacas Holstein (tomado de Alba et al., 1999).

ICS	Nivel de estrés	ITH	FR
<3,2	Sin estrés	<36	<79
3,4-4,5	Suave	36-45	80-81
4,6-6,5	Moderado	46-60	82-85
6,6-8	Fuerte	61-90	86-88
>8	Extremo	>90	>88

La exposición experimental del ganado al estrés calórico reduce las tasas de concepción y supervivencia embrionaria (Ealy, Drost y Hansen, 1993); mientras que la provisión de elementos refrescantes durante el verano mejora la frecuencia de vacas gestantes luego de la inseminación artificial. La magnitud de la depresión de la fertilidad es directamente proporcional a la cantidad de hipertermia y ello ha sido demostrado tanto en vacas de carne como de leche. Al respecto, Vincent (1972) señaló que cuando la temperatura rectal se incrementó en 1°C, la tasa de preñez disminuyó en 16 %, y es común que en regiones cálidas y húmedas las vacas lecheras presenten temperaturas rectales mayores que 39,5°C durante el día (Avendaño, 1995).

En estudios realizados en más de 80 rebaños inscritos en el programa DHI de los Estados Unidos y en varios rebaños del Valle de Mexicali, Baja California, en México, se ha encontrado que las vacas inseminadas en verano presentaron intervalos entre partos y períodos de servicio más elevados que las inseminadas durante el invierno, así como también un mayor número de servicios por concepción (Coleman, Thayne y Dailey, 1985; Avendaño, 1998); se considera que esta baja eficiencia reproductiva se debe a una baja tasa de fertilidad en las vacas y a un incremento de la tasa de mortalidad embrionaria, provocadas por el incremento del ITH.

Varios autores han planteado que la sombra proyectada por los árboles (Djimde et al., 1989) contribuye a reducir la temperatura ambiental, lo

cual tiene implicaciones directas en el comportamiento animal, la productividad, el comportamiento reproductivo y la sobrevivencia. A la vez, tiene efectos indirectos a través de la provisión de alimentos.

2.3 Condición corporal

Comúnmente, con el propósito de predecir y controlar el comportamiento productivo y reproductivo de las vacas lecheras, se han tomado como referencia diferentes tipos de mediciones corporales, entre las que se destacan los cambios en el peso vivo y el perímetro torácico; sin embargo, estas mediciones mantienen un grado de correlación variable con los principales indicadores de la eficiencia productiva y reproductiva de las vacas y su verdadera disponibilidad de reservas corporales de energía (López, 1995).

Por otra parte, el peso vivo no muestra la verdadera condición del animal, es decir, dos animales pueden tener el mismo peso vivo, pero una amplia variabilidad con respecto al grado de reservas de energía disponible (Reinoso y Simón, 2000). Sin embargo, la condición corporal es un método que permite estimar la cobertura de tejidos graso y muscular en el animal vivo, independientemente de la talla y el peso corporal. Esta cobertura de tejidos constituye un indicador muy preciso de las reservas de energía disponible por el animal (López, 1995).

A su vez, muchos autores plantean que existe una estrecha relación entre los valores de la condición corporal y el comportamiento productivo (Álvarez, 1997; Casanova y Machado, 2000) y reproductivo de los animales (Morrison, Spitzer y Perkins, 1999); es por eso que esta metodología constituye una herramienta muy útil y práctica, y tiene un nivel de precisión que asegura la adopción, con cierto margen de seguridad, de medidas encaminadas a corregir las prácticas de manejo y alimentación del rebaño (Ferguson, Galligan y Thomson, 1994).

La condición corporal es un método subjetivo, que indica la cantidad de grasa corporal que cubre a un animal (García-Paloma, 1991) como expresión de la energía de reserva útil que dispone, y muestra el plano nutricional al que está expuesto por un período de tiempo razonable. Puede medirse visualmente con una alta reproducibilidad y repetibilidad entre los especialistas y las observaciones que se realizan sobre el animal (Álvarez, 1999).

Se ha encontrado que las vacas con valores de CC mayores que 2,5 tienen un período parto-primera inseminación y parto-gestación mucho menor que aquellas que presentan valores entre

1,5 y 2 (Domínguez, Martínez, Labrador, Risso y López, 1996). De igual forma, estos intervalos son mayores en las vacas que pierden más de una unidad de CC después del parto (López, 1995); también se ha reportado un menor porcentaje de gestación, un aumento del anestro posparto y un incremento en la cantidad de animales que repiten el celo (Martínez, Escobar, López, Combellas y Gabaldón, 1996).

Se plantea que este comportamiento se asocia al hecho de que cuando las vacas tienen una CC al parto inferior a 2,5 presentan inhibición de los pulsos hipotalámicos de GnRH, lo que determina una disminución en la liberación de LH por la hipófisis (Pedroso y Bonachea, 1995). También estas vacas poseen ovarios con un peso menor y un cuerpo lúteo más pequeño, pero son capaces de liberar mayor cantidad de LH después del tratamiento con GnRH, en comparación con las vacas de CC moderada y obesa (Chalupa y Ferguson, 1988).

Al respecto Houghton, Lemeniger y Horsman (1990) encontraron que las vacas flacas al parto poseen un alto nivel de metaencefalina, un opioideo peptídico localizado en el área preóptica del cerebro, que reduce la síntesis o liberación de GnRH por el hipotálamo.

En trabajos de carácter experimental se ha podido demostrar que el mecanismo probable mediante el cual la CC afecta el comportamiento reproductivo está vinculado con el balance de energía y sus efectos en la liberación de la LH. Las vacas con buena CC tienen una mayor frecuencia de pulsos de LH, un período de anestro más corto y una cantidad de folículos superior (Prado, Rhind, Wright, Russel, McMillen, Smith y McNeilly, 1990).

Por su parte Blanco y Rolo (1997), en un trabajo de campo desarrollado con la finalidad de comprobar la eficacia de la evaluación de la CC para pronosticar al anestro posparto en la vaca Siboney, (¾Holstein x ¼Cebú), encontraron que en 48 hembras calificadas con 2 ó 2,5 de CC ninguna mostró actividad ovárica; mientras que las de mejor condición (3 ó 3,5) presentaron dinámica ovárica en el 33,3 y 66,6 % de los casos, respectivamente.

Las vacas con mejor CC tienen un número de folículos estrógeno-activos potencialmente ovulatorios 10 veces mayor que los hallados en aquellas con baja CC, principalmente a las 9 semanas posparto (Prado et al., 1990). Este hallazgo puede explicar el alargamiento que ocurre en el período de anestro posparto en las vacas con peor CC (Pedroso y Bonachea, 1995).

Con relación a esto, en un trabajo desarrollado por Wright, Rhind y White (1992) la CC estuvo correlacionada negativamente con la duración del anestro posparto y se observó que por cada unidad

de incremento en la CC, decreció en 21,8 días el período parto-primer celo.

Los estudios efectuados por Wright et al. (1992) muestran que la concentración de LH y la frecuencia y amplitud de sus pulsos, aumentan con el tiempo posparto y el incremento de la CC. Además, ello está asociado a un incremento en la secreción de estrógenos por los folículos estrógeno-activos.

A su vez McClure (1995) planteó que las vacas con una CC al parto superior a 2,5 presentan el celo en un tiempo mínimo; sin embargo, las que pierden 10 % del peso vivo después del parto retrasan la reanudación del celo hasta 19 días. De igual forma las pérdidas de CC, en más de una unidad, ocasionan el retraso de la primera ovulación (Butler y Smith, 1989).

El alargamiento del intervalo interpartal está condicionado por múltiples factores, entre los que se encuentra el síndrome de repeticiones de celo (SIREC) (Pedroso y Roller, 1996), y este fenómeno a su vez está altamente correlacionado con el estado de reservas corporales de las vacas al concluir el período puerperal. De esta forma, Reinoso y Simón (2000) obtuvieron que el mayor porcentaje de vacas con SIREC se diagnosticó en aquellas con CC por debajo de 2 y por encima de 4 unidades, con valores de 40 y 22 %, respectivamente.

El comportamiento reproductivo también es afectado cuando las vacas son sobre-alimentadas durante el período seco y paren con una CC superior a 4. Dobbelaar (1995) refiere los siguientes efectos debidos a la obesidad al parto: distocias, retención placentaria, paresia puerperal y cetosis. También otros autores (Gearhart, Curtis, Erb, Smith, Sniffen, Chase y Cooper, 1990) plantean que las vacas obesas presentan mayores probabilidades de padecer metritis, quistes ováricos y otros trastornos reproductivos que las que arriban al parto con una CC óptima.

En Cuba los estudios realizados por Mendoza, Figueredo, Rivero, Agüero, Vicens y Vázquez (1999), evidenciaron que más de un 30 % de los animales con CC desfavorable tenían una edad superior a 10 años con relación a aquellos de CC favorable, y presentaron un 25, 13 y 8 % de anemia, lactancias prolongadas y enfermedades, respectivamente.

También se ha encontrado que la pérdida de la CC aumenta con el incremento de la paridad de las vacas desde 0,3 en la primera lactancia hasta 0,9 unidades a partir de la cuarta lactancia (Waltner, McNamara y Hillers, 1993).

Por último, debe destacarse que la CC es una metodología muy importante para evaluar los trastornos reproductivos de los rebaños. Así,

cuando las vacas con CC óptima tienen más de un 90 % de gestación, esto es un indicador de que otros factores como las enfermedades reproductivas y los problemas de manejo probablemente no sean limitantes para que se produzca la preñez. Por tanto, mejorar la CC de las vacas flacas podría ayudar a incrementar los porcentajes de gestación.

La rutina de usar la calificación de la CC en cada rebaño aportará la información necesaria para mejorarlo adecuadamente y así obtener producciones altas de terneros con una elevada rentabilidad de la explotación (Kunke, Sand y Rae, 1999).

Al evaluar la CC como un indicador de valor pronóstico para el futuro desempeño reproductivo del rebaño, Sepúlveda, Monsalve, Oberg, Neuman y Montecinos (1993) informaron lo siguiente:

- ◆ Las vacas con CC satisfactoria al parto, a la primera inseminación o en el pico de producción evidenciaron un intervalo parto-primer servicio y días abiertos dentro de los rangos considerados como normales.
- ◆ Las vacas que ganaron condición durante el período seco y al parto tuvieron una mejor producción al compararlas con las de CC baja.
- ◆ Las que mantuvieron una condición estable, incluso baja, durante el tiempo que transcurrió desde el parto hasta la primera inseminación artificial, expresaron un mejor desempeño reproductivo que las que ganaron en condición.
- ◆ Las vacas que parieron con una baja condición o que fueron inseminadas en estas condiciones, tuvieron una tendencia al anestro más prolongado.

2.4 Estado de salud

En muchos rebaños lecheros la incidencia de factores causantes de un bajo comportamiento reproductivo, fundamentalmente debido a un bajo nivel de concepción, se encuentra en el momento del parto. Si no se proporciona un ambiente limpio y una higiene adecuada al examinar las vacas y ayudar en el parto, esto contribuye a la retención de placentas e infecciones del tracto reproductivo. Estos desórdenes retrasan los procesos de reparación del tracto reproductivo y pueden reducir las tasas de concepción, especialmente si no reciben tratamiento oportuno y efectivo (Smith, 2001).

Las enfermedades puerperales, así como el resto de los trastornos reproductivos, tienen una gran influencia en el comportamiento reproductivo de las vacas productoras de leche. El estrés ocasionado durante el parto y el inicio de la

lactancia es un factor predisponente importante en la etiología de la retención placentaria y la metritis, que conducen a la temprana infertilidad y esterilidad, principalmente en las vacas altas productoras y sometidas a manejos intensivos (Wattiaux, 1998).

Las enfermedades puerperales (distocia, retención placentaria, endometritis, ovarios quísticos, hipocalcemia y cetosis), al igual que las deficiencias y trastornos de la alimentación, y los problemas relacionados con la CC, provocan un incremento del intervalo entre el parto y la primera ovulación (McGowan et al., 1996).

Los desórdenes reproductivos del parto y el posparto afectan gravemente las tasas de

concepción, como se mostró en un estudio de 22 rebaños en Nueva York (tabla 5). El 77 % de las vacas eran normales (nunca tratadas por un desorden reproductivo después del parto).

Los trastornos reproductivos en el restante 23 % de las vacas eran una causa importante de las tasas de concepción reducidas en estos hatos. Es importante notar que todas las vacas problemas de estos rodeos fueron tratadas por el veterinario. A pesar del tratamiento, el desempeño reproductivo fue menor que el de las vacas normales. Por lo tanto, la clave para maximizar las tasas de concepción debe estar en la prevención de desórdenes y no en el tratamiento después que han ocurrido (Smith, 2001).

Tabla 5. Efecto de los desórdenes reproductivos del parto y posparto en la tasa de concepción (tomado de Smith, 2001).

Desorden	Incidencia (%)	Tasa de concepción al primer servicio (%)
Ninguno	77	49
Parto difícil	1	43
Retención de placenta	4	42
Infección uterina	14	36
Ovarios quísticos	4	35

Los datos estadísticos muestran que, después del parto, las poblaciones vacunas son seriamente afectadas por los síndromes de retención placentaria (5-20 %), metritis (25-60 %) y repetición de celos (5-10 %), lo que ocasiona cuantiosas pérdidas económicas (Dijkhuizen y Jalvingh, 1996).

Las enfermedades asociadas con el parto (distocia, retención de placenta, metritis y la fiebre de la leche) representan aproximadamente el 8 % de todas las que se presentan en vacas lecheras. La incidencia de estas tiene su pico alrededor de 50 días después del parto y aumenta con la edad, debido a un incremento de las enfermedades de la producción tales como la fiebre de la leche y la cetosis (Galligan y Ferguson, 1996).

Aproximadamente el 50 % de las lactancias están asociadas con al menos uno o más estados de enfermedad (Bigrass, Meek y Martin, 1990).

CONCLUSIONES

Es evidente que la eficiencia reproductiva del rebaño es un proceso muy sensible de ser alterado por influencias externas al animal; en este sentido, la alimentación es la principal causa que limita el comportamiento reproductivo de las vacas lecheras. La interacción de la nutrición con la reproducción de las vacas involucra los dos componentes más importantes de la dieta: la energía y la proteína, y su balance con relación a los requerimientos de los

animales para la obtención de una alta producción de leche.

Las deficiencias y excesos, tanto de energía como de proteína, lo mismo antes que después del parto, tienen una fuerte repercusión en la fertilidad y el mantenimiento de la gestación, sobre todo durante la etapa embrionaria; por lo tanto, la realización de un adecuado balance alimentario es de vital importancia para prevenir los desbalances de estos dos nutrientes en la dieta y su efecto potencial en la reproducción.

Sin embargo, aunque la alimentación es el principal factor que afecta la reproducción, existen otros, como el clima, que deben tenerse en cuenta, así como la condición corporal y la salud, que son además un reflejo del estado de equilibrio de los animales con el ambiente en que se desarrollan.

CONCLUSIONS

It is evident that the reproductive efficiency of the herd is a process very sensitive of being altered by external influences; regarding this, feeding is the main cause that limits the reproductive performance of dairy cows. The interaction between nutrition and the reproduction of the cows involves the two most important components of the diet: energy and protein, and their balance with relation to the

requirements of the animals for obtaining a high milk production.

The deficiencies and excesses, of energy and protein, before and after parturition have a strong influence on the fertility and the maintenance of pregnancy, specially during the embryonic stage; then, the performance of an adequate feed balance is extremely important for preventing the lacks of balance of these two nutrients in the diet and their potential effect on reproduction.

Nevertheless, although feeding is the main factor that affects reproduction, there are others, such as climate, that must be taken into consideration, as well as body condition and health, which are also a reflection of the equilibrium state of the animals with the environment in which they are developed.

REFERENCIAS

- Alba, L.O.; Koutinhoun, B. & Torres, L. 1999. Estimación del estrés de calor ambiental, mediante el índice de calor sofocante en vacas Holstein. *Rev. cubana Reprod. Anim.* 25 (1):31
- Alba, L.O.; Machín, J. & García, M. 1993. Utilización del índice de calor sofocante para estimar el estrés de calor en novillas Holstein. Facultad de Ciencia Animal. Universidad Central de Las Villas, Cuba. (Mimeo)
- Álvarez, J.L. 1997. La condición corporal en la hembra bovina. *Rev. Salud Anim.* 19 (1):37
- Álvarez, J.L. 1999. Regularidades en los ciclos reproductivos. En: Sistema integral de atención a la reproducción. (Ed. Álvarez, J.L.). CENSA. La Habana, Cuba. p. 290
- Aréchiga, C.F.; Staples, C.R.; McDowell, L.R. & Hansen, P.J. 1998. Effects of timed insemination and supplemental β -carotene on reproduction and milk yield of dairy cows under heat stress. *J. Dairy Sci.* 81:390
- Avendaño, L. 1995. Reducción del estrés calórico en ganado lechero mediante la utilización de sistemas de enfriamiento. *Rev. cubana Cienc. agríc.* 29 (2):133
- Avendaño, L. 1998. Comportamiento productivo y reproductivo por época de parto del ganado lechero estabulado en el Valle de Mexicali, Baja California. *Rev. cubana Cienc. agríc.* 32 (1):19
- Barton, B.A.; Rosario, H.A.; Anderson, G.W.; Grindle, B.P. & Carroll, D.J. 1996. Effects of dietary crude protein, breed, parity, and health status on the fertility of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 79:2225
- Beam, S.W. & Butler, W.R. 1997. Energy balance and ovarian follicle development prior to the first ovulation postpartum in dairy cows receiving three levels of dietary fat. *Biol. Reprod.* 56:133
- Beam, S.W. & Butler, W.R. 1999. Effects of energy balance on follicular development and first ovulation in postpartum dairy cows. *J. Reprod. Fertil.* 54:411
- Bell, A.W. 1995. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *J. Anim. Sci.* 73:2804
- Berry, S.L. 1997. Incentivos para mejorar la reproducción reduciendo los días abiertos. Universidad de California, USA. p. 1
- Bertics, S.J.; Grummer, R.R.; Cadorniga-Valino, C. & Stoddard, E.E. 1992. Effect of prepartum dry matter intake on liver triglyceride concentration and early lactation. *J. Dairy Sci.* 75:1914
- Biggers, B.G.; Geisert, R.D.; Wetterman, R.P. & Buchanan, D.S. 1987. Effect of heat stress on early embryonic development in the beef cow. *J. Anim. Sci.* 64:1512
- Bigrass, Poulin; Meek, A.H. & Martin, S.W. 1990. Interrelationships among health problems and milk production from consecutive lactations in selected Ontario Holstein cows. *Prev. Vet. Med.* 8:15
- Blanco, G.S. 2000. Solución de problemas reproductivos en la vaca. UNAH. La Habana, Cuba. 296 p.
- Blanco, G.S. & Rolo, R.R. 1997. Evaluación de la condición corporal y su relación con el anestro posparto de la vaca Siboney. Fac. Med. Vet. ISCAH. La Habana, Cuba
- Bloxham, P.S. 1980. A bovine herd fertility scheme. *Veterinary Record.* 107:558

- Bodisco, V. & Rodríguez, A. 1985. Ganado de doble propósito y su mejoramiento genético en el trópico. E-L Editores. Maracay, Venezuela. 350 p.
- Britt, J.H. 1992. Influence of nutrition and weight loss on reproduction and early embryonic death in cattle. Proc. XVII World Buiatrics Congress. 2:143
- Butler, W.R. 1998. Review: Effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. **J. Dairy Sci.** 81:2533
- Butler, W.R. 2000a. Nutritional effects on resumption of ovarian cyclicity and conception rate in postpartum dairy cows. **J. Anim. Sci.** 79:840
- Butler, W.R. 2000b. Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. **Animal Reproduction Science.** 60-61:449
- Butler, W.R.; Calaman, J.J. & Beam, S.W. 1996. Plasma and milk urea nitrogen in relation to pregnancy rate in lactating dairy cattle. **J. Anim. Sci.** 74:858
- Butler, W.R. & Smith, R.D. 1989. Interrelationships between energy balance on postpartum reproductive function in dairy cattle. **J. Dairy Sci.** 72:767
- Canfield, R.W.; Sniffen, C.J. & Butler, W.R. 1990. Effects of excess degradable protein on postpartum reproduction and energy balance in dairy cattle. **J. Dairy Sci.** 73:2343
- Cappa, V. 1993. Alimentación y fertilidad en los bovinos (I). **Mundo Ganadero.** 6:45
- Cappa, V. & Vazhapilly, P. 1991. Influencia del balance energético sobre la actividad reproductora de las vacas. **Veterinaria en Praxis.** 6 (3):74
- Carroll, D.J.; Barton, B.A.; Anderson, G.W. & 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.; Hossain, F.R. & Keller, M.R. 1994. Effect of supplemental fish meal on the lactation and reproductive performance of dairy cows. **J. Dairy Sci.** 77:3058
- Casanova, R.R. & Machado, I. 2000. Condición corporal y su influencia en la producción de leche. En: Resúmenes. I Congreso Internacional sobre Mejoramiento Animal. CIMA. La Habana, Cuba. p. 403
- Chalupa, W. & Ferguson, J.D. 1988. La importancia de la nutrición en la reproducción de la vaca alta productora. Memorias del Seminario Internacional. "La importancia de la nutrición en la reproducción de bovinos". Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. p. 41
- Chandler, P.T. 1992. Management of the feeding programs in high producing herds. In: Proc. Prof. Dairy Manage. Seminar. Iowa State Univ. Coop. Ext. Serv. Ames, I.A. p. 1
- Clark, R.; Orr, W.N. & Davison, T.M. 1985. Influence of level of nitrogen fertilizer and protein supplementation on reproductive performance. Proceedings of the Conference of the Australian and New Zealand Society of Animal Production. Albury, Wodonga, Australia
- Coleman, D.A.; Thayne, W.V. & Dailey, R.A. 1985. Factors affecting reproductive performance of dairy cows. **J. Dairy Sci.** 68:1793
- Collier, R.J.; Beede, D.K.; Thatcher, W.W.; Israel, L.A. & Wilcox, C.J. 1982. Influences of environment and its modification on dairy animal health and production. **J. Dairy Sci.** 65:2213
- Cowan, R.T.; Moss, R.J. & Kerr, D.V. 1993. Northern dairy feedbase 2001. 2. Summer feeding systems. **Tropical Grasslands.** 27:150
- Dijkhuizen, H. & Halvingh, K. 1996. Incidence of retained placenta in parturient dairy cows. **J. Dairy Sci.** 81 (1):390
- Djimde, M.; Torres, F. & Migongo-Bake, W. 1989. Climate, animal and agroforestry. Meteorology

- and agroforestry. (Eds. Reifsnnyder, W.S. & Darnhofer, T.O.). ICRAF. Nairobi, Kenya. p. 463
- Dobbelaar, P. 1995. Body condition of cows. **Veepro Holland**. 23:12
- Dobson, H. & Smith, R.F. 2000. What is stress, and how does it affect reproduction?. **Anim. Reprod. Sci.** 60-61:743
- Dohoo, I.R.; Martin, S.W.; Meek, A.H. & Sandals, W.C.D. 1983. Disease, reproduction and culling in Holstein Friesian cows. I. The data. **Prev. Vet. Med.** 1:321
- Domínguez, C.; Martínez, N.; Labrador, C.; Risso, J. & López, S. 1996. Effect of strategic feed supplementation with multinutrient blocks on productive and reproductive performance in dual purpose cows. In: Development of supplementation strategies for improving ruminant on small-holder in Latin America through the use of immunoassay techniques. IAEA. Vienna. Tec. Doc. 877. p. 97
- Ealy, A.D.; Drost, M. & 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. & Butler, W.R. 1993. Reduction of fertility and alteration of uterine pH in heifers fed excess ruminally degradable protein. **J. Dairy Sci.** 71:694
- Ferguson, J.D. 1996. Diet, production and reproduction in dairy cattle. **Animal Feed Science and Technology**. 59:173
- Ferguson, J.D.; Blanchard, T.; Galligan, D.T.; Hoshall, D.C. & Chalupa, W. 1988. Infertility in dairy cattle fed a high percentage of protein degradable in the rumen. **Journal of the American Veterinary Medical Association**. 192:659
- Ferguson, J.D. & Chalupa, W. 1989. Impact of protein nutrition on reproduction in dairy cows. **J. Dairy Sci.** 72:746
- Ferguson, J.D.; Galligan, D.T.; Blanchard, T. & Reeves, M. 1993. Serum urea nitrogen and conception rate: The usefulness of test information. **J. Dairy Sci.** 76:3742
- Ferguson, J.D.; Galligan, D.T. & Thomson, Neal. 1994. Principal descriptors of BCS in Holstein cows. **J. Dairy Sci.** 77 (9):2695
- Fetrow, J.; Stewart, S. & Eicker, S. 1997. Reproductive health programs for dairy herds: Analysis of record for assessment of reproductive performance. In: Current therapy in large animal theriogenology. (Ed. Youngquist, E.). 1st ed. Saunders Company
- Fredriksson, G.; Kindahl, H.; Alemus, S.; Carlsson, U.; Cort, N.; Edquist, L.E. & Uggla, A. 1990. Uterine infection and impaired reproductive performance mediated through prostaglandin release. I.F.S. and Swedish International Program on Animal Reproduction, Joint Seminar on Animal Reproduction. Montevideo and Paisandú, Uruguay
- Gallego, M.I. 1998. Evaluación reproductiva del ganado lechero. En: Reproducción animal: métodos de estudio en sistemas. (Eds. Ruiz, M.E.; Rivera, B. & Ruiz, A.). IICA-RISPAL. San José, Costa Rica. p. 111
- Galligan, D.T. & Ferguson, J.D. 1996. Prevention and treatment of postpartum diseases. In: Health and diseases. Dairying in the Southwest Pacific. [cd-rom]. Animal Production and Health & Plant Production and Protection Divisions of FAO. Rome, Italy
- García-Bojalil, C.M.; Staples, C.R.; Risco, C.A.; Savio, J.D. & Thatcher, W.W. 1998. Protein degradability and calcium salts of long-chain fatty acids in the diets of lactating dairy cows: Productive responses. **J. Dairy Sci.** 81:1385
- García-Paloma, J.A. 1991. El método de la condición corporal en vacuno lechero: propuesta de una metodología unificadora. **Invest. Agr. Prod. Sanid. Anim.** 5:121
- Gearhart, M.A.; Curtis, C.R.; Erb, H.N.; Smith, R.D.; Sniffen, C.J.; Chase, L.E. & Cooper, M.D. 1990. Relationship of changes in condition score to cow health in Holstein. **J. Dairy Sci.** 73:3132

- Goff, J.P. & Horst, R.L. 1996. Physiological changes at parturition and their relationship to metabolic disorders. *J. Dairy Sci.* 80:1260
- Goguishvili, K.S. 1965. Ob metodikie dlia raschiota uslovvia dujati. Na Primier v Gruzii. Rev. Inst. Georg. AC RSFG. Tbilisi. p. 56
- Grings, E.E.; Roffler, R.E. & Deitelhoff, D.P. 1991. Response of dairy cows in early lactation to addition of cottonseed meal in alfalfa-based diets. *J. Dairy Sci.* 74:2580
- Hahn, G.L. 1985. Management and housing of farm animals in hot environment. In: Stress physiology in livestock. (Ed. M.K. Yousef). CRC Press. Boca Ratón. Florida, USA
- Hemsworth, P.H.; Barnett, J.L.; Beveridge, L. & Matthews, L.R. 1995. The welfare of extensively managed dairy cattle: A review. *Applied Animal Behaviour Science.* 42:161
- Houghton, P.L.; Lemeniger, R.D. & Horsman, L.A. 1990. Effect of body composition pre and post-partum energy level and early weaning gain. *J. Anim. Sci.* 68 (5):1428
- Imakawa, K.; Kittock, R.J. & Kinder, J.E. 1983. The influence of dietary energy intake on progesterone concentrations in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 56:454
- Ingraham, R.; Gillete, D. & Wagner, W. 1974. Relationship of temperature and humidity to conception rate of Holstein cow in subtropical climate. *J. Dairy Sci.* 58 (88):71
- Koutinhouin, B.G. 1994. La disfunción del cuerpo lúteo asociada a algunos factores climáticos, en el síndrome repetición de servicio en vacas Holstein de Cuba. Tesis en opción al grado de Dr. en Ciencias Veterinarias. Universidad Central de Las Villas. Villa Clara, Cuba. p. 57
- Kunke, W.E.; Sand, R.S. & Rae, D.O. 1999. Uso de la condición corporal en la toma de decisiones de manejo y suplementación. *Desarrollo Agropecuario.* 148:21
- Laven, R.A. & Drew, S.B. 1999. Dietary protein and the reproductive performance of cows. *Veterinary Record.* 145:687
- López, R. 1995. Condición corporal. *Rev. ACPA.* (1 y 2):38
- Martínez, N.; Escobar, A.; López, S.; Combellas, J. & Gabaldón, L. 1996. Effect of strategic feed supplementation on productive and reproductive performance in dual purpose cows. In: Development of feed supplementation strategies for improving ruminant productivity on small-holder in Latin America through the use of immunoassay techniques. IAEA, Vienna. Tec. Doc. 877. p. 135
- Mazzucchelli, F. & Tesouro, M.A. 2001. Influencia del estrés sobre la eficiencia reproductiva del ganado vacuno de leche. En: Mundo Veterinario, Red Veterinaria y Agropecuaria. p. 1
- McClure, T.J. 1995. Infertilidad nutricional y metabólica de la vaca. Editorial Acribia, España. p. 46
- McCormick, M.E.; French, D.D.; Brown, T.F.; Cuomo, G.J.; Chapa, A.M.; Fernández, J.M.; Beatty, J.F. & Blouin, D.C. 1998. Crude protein and rumen undegradable protein effects on reproduction and lactation performance of Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 82:2697
- McDowell, R.E. 1972. Improvement of livestock production in warm climates. Eds. W.H. Freeman and Co. San Francisco, USA. 711 p.
- McGowan, M.R.; Veerkamp, R.F. & Anderson, L. 1996. Effects of genotype and feeding system on the reproductive performance of dairy cattle. *Livestock Production Science.* 46:33
- Mendoza, E.; Figueredo, J.M.; Rivero, R.; Agüero, F.; Vicens, R. & Vázquez, G. 1999. Factores de riesgo asociados a condición corporal desfavorable en vacas lecheras. *Rev. Salud Anim.* 21 (3):161

- Morillo, D.E. 1994. Efectos de la época sobre la producción forrajera y bovina. *Rev. Fac. Agron.* 11 (2):152
- Morrison, D.G.; Spitzer, J.C. & Perkins, J.L. 1999. Influence of prepartum body condition score change on reproduction in multiparous beef cows calving in moderate body condition. *J. Anim. Sci.* 77:1048
- National Research Council. 2001. Water. In: Nutrients requirements of dairy cattle. Seventh revised edition. National Academy Press. Washington D.C. p. 179
- Nolan, R.; O'Callaghan, D.; Duby, R.T.; Lonergan, P. & Boland, M.P. 1998. The influence of short-term nutrient changes on follicle growth and embryo production following superovulation in beef heifers. *Theriogenology.* 50:1263
- Oetzel, G.R. 1999. Dry cow feeding management. *Dairy Certificate Program.* 5:1
- Pedroso, R. & Bonachea, Sara. 1995. Influencia de la condición corporal sobre el comportamiento reproductivo del ganado bovino. Revisión bibliográfica. *Rev. cubana Reprod. Anim.* 21 (2):1
- Pedroso, R. & Roller, Felicia. 1996. Problemática de las repeticiones del celo en la hembra bovina. Revisión bibliográfica. *Rev. cubana Reprod. Anim.* 22 (1):1
- Pérez, H.; Mendoza, E.; Álvarez, J.L. & Fernández, O. 1997. Efecto del índice temperatura-humedad sobre la secreción de hormonas tiroideas en novillas Holstein. *Rev. Salud Anim.* 19 (2):131
- Prado, R.; Rhind, S.M.; Wright, I.A.; Russel, A.J.F.; McMillen, S.R.; Smith, A.J. & McNeilly, A.S. 1990. Ovarian follicle populations, steroidogenicity and micro-morphology at 5 and 9 weeks post-partum in two level of body condition. *Anim. Prod.* 51:103
- Phogat, J.B.; Smith, R.F. & Dobson, H. 1997. Effect of adrenocorticotrophic hormone on gonadotrophin-releasing hormone-induced luteinizing hormone secretion in vitro. *Anim. Reprod. Sci.* 48:53
- Phogat, J.B.; Smith, R.F. & Dobson, H. 1999a. Effect of adrenocorticotrophic hormone (ACTH (1-24)) on ovine pituitary gland responsiveness to exogenous pulsatile GnRH and oestradiol-induced LH release in vivo. *Anim. Reprod. Sci.* 55:193
- Phogat, J.B.; Smith, R.F. & Dobson, H. 1999b. Effect of transport on pituitary responsiveness to exogenous pulsatile GnRH and oestradiol-induced LH release in intact ewes. *J. Reprod. Fertil.* 116:9
- Ray, D.E.; Halbach, T.J. & Armstrong, D. 1992. Season and lactation number effects in milk production and reproduction of dairy cattle in Arizona. *J. Dairy Sci.* 75 (11):2976
- Reinoso, M. & Simón, L. 2000. Condición corporal y desempeño productivo y reproductivo de vacas Siboney en un contexto silvopastoril. *Pastos y Forrajes.* 23 (1):47
- Reksen, O.; Gröhn, Y.T.; Havrevoll, Ø.; Bolstad, T.; Waldmann, A. & Ropstad, E. 2001. Energy balance and ovarian activity. *J. Dairy Sci.* 85:2046
- Reynolds, S.G. 1995. Pasture-cattle-coconut systems. FAO, Regional Office for Asia and Pacific. Bangkok, Thailand
- Rodríguez-Hernández, T. & Guevara, L. 1992. Aspectos fisiológicos de mestizos lecheros. En: Ganadería mestiza de doble propósito. (Ed. González-Stagnaro, C.). Ediciones Astro Data SA. Maracaibo, Venezuela. p. 141
- Rodríguez-Hernández, T.; Guevara, L.; Núñez, A. & Verde, O. 1989. Índices fisiológicos en novillas lecheras durante las épocas seca y lluviosa. *Zoot. Trop.* 7:43
- Rukkwansuk, T.; Wensing, T. & Kruij, T.A.M. 1999. Relationship between triacylglycerol concentration in the liver and first ovulation in post-partum dairy cows. *Theriogenology.* 51:1133

- Ryan, D.P.; Boland, M.P.; Kopel, E.; Armstrong, D.; Munyakasi, L.; Goodke, R.A. & Ingraham, R.H. 1992. Evaluating two different evaporative cooling management systems for dairy cows in a hot day climate. *J. Dairy Sci.* 75:1052
- Saloniemi, H. 1993. Reproductive disturbances related to feeding. *Acta Vet. Scand.* 89:71
- Sepúlveda, N.; Monsalve, C.; Oberg, J.; Neuman, A. & Montecinos, A. 1993. Condición corporal al parto y comportamiento reproductivo postparto en vacas lecheras. *Ciencia e Investigación Agraria.* 20:87
- Simpson, R.B.; Chase, C.C.; Spicer, L.J.; Vernon, R.K.; Hammond, A.C. & Rae, D.O. 1994. Effect of exogenous insulin on plasma and follicular insulin-like growth factor-I, insulin-like growth factor binding protein activity, follicular oestradiol and progesterone, and follicular growth in superovulated Angus and Brahman cows. *J. Reprod. Fertil.* 102:483
- Smith, R.D. 2001. Factores que afectan la tasa de concepción. National Dairy Database. Volume: Northeast IRM Manual.
- Spicer, L.J.; Alpizar, E. & Echtenkamp, S.E. 1993. Effects of insulin, insulin-like growth factor-I, and gonadotropins on bovine granulosa cell proliferation, progesterone production, estradiol production and (or) insulin-like growth factor-I production. *J. Anim. Sci.* 71:1232
- Vincent, C.K. 1972. Effect of season and high environmental temperature on fertility in cattle. A review. *Vet. Med. Assoc.* 161:1333
- Waltner, S.S.; McNamara, J.P. & Hillers, J.K. 1993. Relationship of body condition score to production variables in high producing Holstein dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 76:3410
- Wattiaux, M.A. 1996. Manejo de la eficiencia reproductiva. En: El Instituto Babcock para Investigación y Desarrollo Internacional para la Industria Lechera. Universidad de Wisconsin-Madison, Wisconsin
- Wattiaux, M.A. 1998. Manejando la eficiencia reproductiva del hato. Reproducción y selección genética. En: Guías técnicas lecheras. [cd-rom]. The Babcock Institute. Universidad de Wisconsin, Madison
- Weston, R.H. 1982. Animal factors affecting intake. In: Nutritional limits to animal production from pastures. (Ed. Hacker, J.B.). CAB. Farnham Royal, UK. p. 183
- Westwood, C.T.; Lean, I.J. & Kellaway, R.C. 1998. Indications and implications for testing of milk urea in dairy cattle: a quantitative review. Part 2. Effect of dietary protein on reproductive performance. *New Zealand Veterinary J.* 46:123
- Wilson, J.R. & Ludlow, M.M. 1991. The environment and potential growth of herbage under plantations. In: Forages for plantation crops. (Eds. Shelton, H.M. & Stür, W.W.). ACIAR Proceedings No. 32. Canberra, Australia. p. 10
- Wright, I.A.; Rhind, S.M. & White, T.K. 1992. A note on the effect of pattern of feed intake and body condition on the duration of the post-partum anoestrous period and LH profiles in beef cows. *Anim. Prod.* 54:143

Recibido el 21 de octubre del 2002
Aceptado el 26 de noviembre del 2002