

## Fuentes de Infertilidad y Soluciones para Corregir la Infertilidad en las Vacas de Tambo al Postparto

Matthew C. Lucy

Departamento de Ciencias Animales, Universidad de Missouri, Columbia 65211

Email: lucym@missouri.edu

#### Mensajes para llevarse a casa

La fertilidad de las vacas de tambo está declinando en todo el mundo.

La disminución en la fertilidad puede ser explicada por el hecho de que las correlaciones genéticas entre producción de leche y reproducción son negativas.

Existen cuatro componentes primarios que contribuyen colectivamente a la disminución en la fertilidad en el tambo. Estos son: 1) anestros fisiológicos y comportamentales; 2) función ovárica anormal en vacas cíclicas; 3) calidad pobre de los gametos y de la preimplantación embrionaria; y 4) incompetencia uterino/placentaria.

Las soluciones a corto plazo son: 1) utilizar toros de alta fertilidad para IA; 2) llevar a la práctica programas intensivos de manejo reproductivo (sincronización y resincronización); 3) tratar a las vacas luego de la inseminación para incrementar la fertilidad; y 4) dietas que se diseñen para mejorar la fertilidad.

Las soluciones a largo plazo son: 1) disminuir el nivel de entrecruzamientos y 2) mejorar la genética de la reproducción de la vaca de tambo a través de una estrategia de selección genética balanceada.

### 1.0 Introducción

La fertilidad en las vacas de tambo comenzó a descender a nivel mundial a mediados de los '80 (14) y continua bajando o existe en niveles menores a los aceptables en la mayoría de los países. La infertilidad en las vacas de tambo se dio cuando la leche y sus componentes fueron utilizados como las principales cualidades para la selección. Esto tiene sentido ya que los productores (la clientela) eran pagados por su leche y las vacas de alta producción eran vistas como altamente deseables. La estrategia dio sus resultados pero una consecuencia de esto (la infertilidad) es ahora inaceptable en la mente de los productores.

La disminución de la fertilidad puede ser explicada por el hecho de que las correlaciones genéticas entre producción de leche y reproducción son negativas (9). La mayor producción de leche fue alcanzada a través del uso estratégico del tejido adiposo para energía en la etapa temprana de la lactación. La energía adicional soportó un pico alto en la producción de leche en la lactación temprana y existe una buena correlación entre el pico de producción láctea y el total de la producción durante la lactación. Esta no fue una estrategia preplaneada de selección genética (p. ej., las vacas no fueron seleccionadas a propósito para perder peso en la lactación temprana) pero fue una consecuencia de la selección genética para la producción láctea (las vacas de más alta producción tenían una genética que so-

portaba el fenotipo de pérdida de peso). Los mecanismos homeorhéticos involucrados en la movilización del tejido adiposo en la lactación temprana fueron vistos como positivos y altamente deseables en el sistema norteamericano.

El problema es que la vaca puede sufrir una depleción en el tejido adiposo antes del comienzo del período reproductivo. Las vacas con una condición corporal pobre tienen baja fertilidad, y la relación entre baja condición corporal e infertilidad todavía tiene que ser superada (15).



Figura 1. Cuatro componentes primarios de la infertilidad en las vacas de tambo (recuadros grises) que actúan a diferentes niveles del proceso reproductivo. Los componentes primarios actúan colectivamente para inhibir (lineas con final romo) la función ovárica y oviductal/ uterina. P4/E2 = progesterona/estradiol.

## 2.0 Cuatro componentes primarios en la infertilidad de las vacas de tambo

La infertilidad en la vaca lechera es multifacética y requiere un abordaje holístico que dirija el problema. Las vacas tienen una tasa de concepción óptima teórica. Esta es aproximadamente 70% (una tasa de concepción que puede ser lograda en vaquillonas de tambo). Parece haber cuatro componentes primarios que contribuyen colectivamente en la disminución en la fertilidad de la vaca lechera a partir de la tasa de concepción óptima (Figura 1). Existen anestros fisiológicos y comportamentales (falla en ciclar y mostrar celo), función ovárica anormal en vacas cíclicas (esta categoría incluye enfermedad ovárica y función luteal subnormal luego del servicio), calidad pobre del gameto y de la preimplantación embrionaria, e incompetencia uterina/ placentaria. Cada uno de estos componentes primarios actuando solo puede causar infertilidad. Las vaquillonas de leche tienen pocas anormalidades reproductivas y la reproducción en la vaquillona no ha disminuido de manera apreciable en varias décadas. Esta última observación contradice fuertemente que la performance reproductiva pobre en



la vaca de tambo sea una consecuencia de un alto nivel de producción de leche.

#### 2.1. Anestro fisiológico y comportamental

Un período de anestro fisiológico (desarrollo folicular en el ovario sin ovulación; también llamado período anovulatorio) es completamente normal para las vacas al postparto. En las vacas de carne (consideradas altamente fértiles en relación con las de tambo), la lactancia inhibe la pulsatilidad de la LH y la falta de pulsatilidad de LH conduce al anestro. En la medida que la nutrición sea la adecuada, la vaca de carne en anestro es fértil una vez que comienza a ciclar (15). Las vacas lecheras de alta producción tienen períodos extendidos de anestro fisiológico. El anestro es causado por un balance energético negativo; el cual contribuye a un ambiente hormonal inadecuado para el desarrollo folicular preovulatorio, para el pico de LH y la ovulación (15). En las vacas de tambo el anestro fisiológico es sintomático de un estado catabólico. Por lo tanto, lo que podría ser un estado inicial en las vacas de carne es diferente para vacas lecheras de alta producción ya que las causas subyacentes son diferentes. A pesar de que una vaca de carne puede recuperarse de un anestro y tener una fertilidad normal, una vaca de tambo en anestro tiene una fertilidad baja, ya que su anestro es una consecuencia del balance energético negativo.

El término "anovulatorio" ha desplazado lentamente al término "anestro", de manera que se pueda diferenciar que las vacas cíclicas que no expresan comportamiento de celo. El examen de los datos de detectores electrónicos de monta demostró que las vacas de alta producción tienen períodos de celo más cortos, menos eventos de recepción de monta y menos tiempo de recepción de monta cuando se las compara con vacas de baja producción (13). Las diferencias en la expresión de celo fueron vinculadas con bajas concentraciones sanguíneas de estradiol en vacas de alta producción.

#### 2.2 Función ovárica anormal en vacas cíclicas

Las vacas con anormalidades en el ciclo estral tienen una performance reproductiva más pobre que sus compañeras con ciclos normales (22). La prevalencia de anormalidades del ciclo estral pueden alcanzar el 50% en algunos rodeos. Las anormalidades en el ciclo estral se clasifican en tres tipos primarios: 1) períodos extendidos de anestro, 2) cese temporario de las fases luteales, y 3) fases luteales largas (mayores a 20 días). Los factores que se sabe que afectan a las vacas postparto como el balance energético negativo, los desórdenes del periparto, y las enfermedades del parto son factores de riesgo para los ciclos estrales anormales. La incidencia de enfermedad ovárica quística también se ha visto incrementada en la vaca de tambo moderna debido a que existen correlaciones genéticas positivas entre estas anormalidades y el nivel de producción de leche (33, 35). Un mecanismo fisiológico común (baja pulsatilidad de LH, bajas concentraciones sanguíneas de factor de crecimiento, y un metabolismo esteroideo aumentado) puede sostener la creciente incidencia de anestros y ciclos estrales anormales (15). Este mecanismo común aparenta ser una consecuencia del estado hormonal y metabólico que soporta un alto nivel de producción de leche.

Un componente de la infertilidad en la vaca lechera puede ser causado por bajas concentraciones sanguíneas de progesterona luego de la inseminación (27). Un aumento lento en la progesterona retrasa el desarrollo embrionario ya que el crecimiento embrionario temprano es parcialmente dependiente de la acción de la progesterona a nivel del oviducto o del endometrio (8). El cuerpo lúteo es normal pero su capacidad de elevar la progesterona sanguínea es menor en vacas en lactación. El tamaño corporal relativo de las vacas de tambo y una alta tasa de metabolismo esteroideo (35) pueden crear un pool de tejido grande con una alta tasa de regresión hormonal. Los efectos combinados del tamaño del pool y la tasa de regresión pueden conducir a bajos niveles de progesterona sanguínea. El mismo mecanismo puede conducir a un nivel bajo de estradiol en sangre en vacas lecheras de alta producción (ver arriba).

## 2.3 Calidad pobre de los gametos y de la preimplantación embrionaria

Los oocitos de vacas de tambo fertilizados in vitro con baja condición corporal tienen una menor tasa de segmentación y una menor tasa de desarrollo cuando se los compara con oocitos de vacas de tambo con una mejor condición corporal (26). En la lactación temprana se liberan ácidos grasos no esterificados (AGNE) desde el tejido adiposo y sus concentraciones se incrementan en el fluido folicular (aproximadamente 40% de las concentraciones séricas). El incremento en los AGNE dentro del fluido folicular puede hacer decrecer la proliferación de células foliculares (32) y afectar también al oocito de manera directa. La adición de AGNE al medio de maduración in vitro hace disminuir la tasa de maduración, la tasa de fertilización, la tasa de segmentación y la producción de blastocistos para los embriones cultivados in vitro (12). Concentraciones altas de AGNE fueron predictivas de baja fertilidad postparto (1). Los datos de manera colectiva sugieren que el desarrollo embrionario temprano se ve comprometido por la lactación, quizás debido a los AGNE elevados que entran al fluido folicular y dañan el oocito. Pocos embriones alcanzan el estado de segmentación ya que la calidad de los oocitos es baja.

Las tasas de preñez por transferencia embrionaria se vieron incrementadas por sobre las vacas lecheras control inseminadas al celo (34). Por lo tanto, puede recuperarse algo de fertilidad en las vacas lecheras estrechando el período de oocito y de desarrollo embrionario temprano. Sin embargo, la condición de la vaca receptora es un factor que potencialmente puede afectar el resultado debido a que la condición corporal tiene un gran efecto sobre el éxito en la transferencia embrionaria (vacas con un score de condición corporal mayor tuvieron mayores tasas de preñez luego de la transferencia; 16). Por lo tanto, el ambiente uterino afectado por la condición corporal juega algún tipo de rol en la fertilidad de las vacas de tambo.



#### 2.4 Incompetencia uterino/placentaria

La ecografía revolucionó la detección de preñez en vacas de carne y leche ya que se pudo detectar la preñez apenas a los 25 días post inseminación (aproximadamente 1 a 2 semanas antes que con la palpación manual). El estudio de los datos del ultrasonido reveló que un número apreciable de embriones murió luego del examen inicial de gestación (llevado a cabo entre los días 25 y 28 post IA; 23). Un período probable de muerte embrionaria puede ser durante la placentación (cuarta a sexta semana de gestación) ya que la placentación involucra una intrincada comunicación entre los tejidos maternos y fetales. Actualmente se encuentra en debate si la pérdida embrionaria es mayor hoy que en el pasado, ya que la capacidad para detectar rutinariamente una preñez temprana evolucionó junto con el uso del ultrasonido en la investigación (luego de 1985).

La pérdida embrionaria en la vaca lechera probablemente se produzca por factores predisponentes que son comunes en los sistemas del tambo. La ovulación de folículos inmaduros en programas de IA programada conduce a un nivel bajo de progesterona luego del servicio y predispone a la vaca a una pérdida embrionaria temprana (21). Este problema ha sido ampliamente corregido a través del uso de programas de pre-sincronización antes de comenzar con la IA programada (ver abajo). Los factores secundarios se relacionan con los días postparto a la IA. Los productores pueden inseminar vacas en el postparto temprano porque tienen temor de que no puedan observar el estro subsiguiente. Las vacas inseminadas en el postparto temprano tienen una mayor probabilidad de sufrir pérdidas embrionarias (19). Una enfermedad es también un facto predisponente. En un estudio, 40% de las vacas todavía tenían evidencia de inflamación uterina (endometritis) al comienzo del período de servicio (56 días postparto) (6). Las vacas con endometritis tuvieron tasas mas bajas de concepción al primer servicio, requirieron más servicios por concepción, y tuvieron tasas de preñez al día 300 postparto que fueron 26 puntos porcentuales menores que vacas con un endometrio saludable. También se ha establecido un vínculo entre la mastitis y pérdida embrionaria temprana (4). La glándula mamaria mastítica activa células de la inmunidad cuyas citoquinas inflamatorias afectan de manera adversa el ovario y el útero.

El último factor predisponente de pérdida embrionaria surge ce la relativa baja condición corporal de las vacas de tambo al postparto. La pérdida embrionaria luego del día 28 de gestación fue mayor en vacas que perdían el mayor índice de condición corporal (25).

# 3.0 Estrategias para incrementar la fertilidad en vacas de tambo

Existen soluciones a corto y largo plazo para resolver la fertilidad en el tambo. Algunas de las soluciones a corto plazo no tienen inconvenientes concebibles y deberían ser puestas en práctica inmediatamente. Las soluciones individuales tiene más o menos mérito dependiendo del estado económico del sistema de producción del tambo.

#### 3.1. Usando toros de alta fertilidad

La importancia del manejo del semen y de la técnica de lA para lograr el éxito en la reproducción debe ser menospreciado. Asumiendo que el semen es manejado de manera adecuada y ubicado apropiadamente dentro del tracto reproductivo femenino, entonces el siguiente paso lógico es utilizar toros altamente fértiles. El uso de toros de alta fertilidad versus toros de baja fertilidad en un programa de lA programada lleva a un incremento de 6% en la tasa de concepción cuando se utilizan toros de alta fertilidad (5). Existe poca diferencia en el Mérito Neto (MN\$) para toros que están estratificados dentro de un amplio rango de ERCR (Lucy, no publicado). Por lo tanto, es posible alcanzar una ganancia genética mientras se usan toros con fertilidad superior en un sistema de IA.

## 3.2. Programas de manejo reproductivo intensivo (sincronización y resincronización)

Una solución inmediata para combatir la infertilidad en rodeos de leche incluye el manejo intensivo del ciclo estral y la ovulación (sincronización del celo e IA programadas) Muchos abordajes emplean un método para el control del desarrollo de la onda folicular, promoción de la ovulación en vacas en anestro, regresión del cuerpo lúteo en vacas cíclicas, y sincronización del celo y (u) ovulación al final del tratamiento. En el rodeo lechero típico, las vacas son inseminadas luego de celos espontáneos durante un determinado período y luego las vacas que no han sido inseminadas son sometidas a un manejo intensivo. Abordajes más intensivos del manejo reproductivo involucran servicios programados para todas las inseminaciones sin ningún tipo de detección de celo.

La IA programada es popular en grandes tambos donde se utiliza un sistema de confinamiento debido a que los beneficios de la IA programada se incrementan bajo condiciones de tasas pobres de detección de celo y concepción. El método más popular para la IA programada practicado en los rodeos norteamericanos es el "Ovsynch". El programa Ovsynch posee ventajas distintivas sobre otros procedimientos de sincronización de celo debido a que todas las vacas son inseminadas al final del tratamiento (tasa de sumisión de 100%). Los protocolos de IA programada tienen, de alguna manera, menores tasas de concepción cuando se las comparó con protocolos que emplean la inseminación al celo. Las menores tasas de concepción son generalmente compensadas por mayores tasas de sumisión para la IA programada. Por lo tanto, en los rodeos norteamericanos, el número total de vacas preñadas puede incrementarse cuando se utiliza IA programada. Se puede incluir dentro del programa Ovsynch un dispositivo que contenga progesterona (CIDR) (insertado luego de la pri-

mera GnRH y retirado luego de la primera PGF $_{2\alpha}$  y esto mejorará la tasa de concepción en algunos rodeos (29). El inconveniente primario de los sistemas Ovsynch es la baja tasa de concepción al final del tratamiento. La sincronización de la onda folicular seguida por una IA programada es más eficaz cuando las vacas se encuentran entre los días 5 y 12 del ciclo estral. Por lo tanto, se puede emplear una estrategia de pre-sincronización, en la cual



las vacas son tratadas con una serie de inyecciones de  $PGF_{2\alpha}$  antes del protocolo Ovsynch (30). La presincronización mejora la tasa de concepción luego del Ovsynch en un 5 a 10%.

Más de dos tercios de las vacas tratadas con IA programada no quedan preñadas luego de la primera inseminación. Se puede utilizar solamente progesterona con el propósito de agrupar celos en vacas que no quedaron preñadas luego de la primera inseminación (18). Para la resincronización de la IA programada, la primera inyección de GnRH del Ovsynch puede ser administrada a todas las vacas aproximadamente una semana antes de realizar el diagnóstico de gestación (3). Las vacas que son subsecuentemente diagnosticadas como no preñadas pueden ser inyectadas con PGF $_{2\alpha}$  y 48 horas más tarde recibir GnRH antes de la IA programada. Un método alternativo es el de simplemente comenzar con el Ovsynch en las vacas una vez que fueron diagnosticadas como no preñadas (28).

Una detracción obvia para los métodos de IA programada con presincronización es que se requiere una serie de cinco inyecciones que se dan durante un periodo de 45 días. Si se aplica un tratamiento post-inseminación (ver abajo) y se vuelve a incluir a las vacas en un programa de resincronización, entonces una vaca que no queda preñada luego de su primera inseminación (el resultado más probable) recibirá nueve inyecciones antes de su segunda inseminación y un total de diez inyecciones si es nuevamente tratada post-inseminación. Muchos administradores de rodeos grandes sienten que el agendar tratamientos reproductivos e inseminaciones es más simple y más efectivo que múltiples sesiones diarias de detección de celo. Dada la naturaleza dificultosa de la detección de celo en rodeos grandes, su abordaje al tema tiene su mérito (14).

Los programas de sincronización de celo y de IA programada se han convertido en el método primario para combatir la tendencia decreciente de la fertilidad dentro de los rodeos lecheros norteamericanos. Lo que una vez fue un método para controlar el ciclo estral y agrupar las vacas en celo, es hoy el único medio posible para lograr tasas de sumisión aceptables en grandes tambos confinados. Una preocupación es que las tasas de éxito para la IA programada (en términos de concepción están por debajo del óptimo teórico para la vaca lechera. La situación de las vacas de tambo contrasta enormemente de la de las vacas de carne, donde los programas de IA programada con pocas inyecciones puede lograr tasas de concepción que son equivalentes a las de las vacas inseminadas al celo (24).

#### 3.3 Tratar vacas después de la inseminación para incrementar la fertilidad

En un esfuerzo para mejorar la fertilidad se pueden aplicar tratamientos luego de la inseminación. Se recomienda leer una revisión reciente sobre el tema (31) y una publicación en estos resúmenes. Existen tres estrategias primarias. La primera estrategia trata sobre el bajo nivel de progesterona durante la primera semana post servicio. Una inyección de GnRH o hCG administrada entre los días 5 a

8 del ciclo estral provocará la ovulación del CL accesorio en algunas vacas y puede también mejorar la función del CL (hCG a través de su actividad tipo-LH.

También puede insertarse un dispositivo con progesterona durante este período y dejarlo en su lugar por aproximadamente una semana. Los tratamientos mencionados arriba pueden incrementar la progesterona en sangre y existe una correlación positiva entre progesterona sanguínea y fertilidad (ver arriba). La segunda estrategia involucra un tratamiento tardío en el ciclo estral con GnRH. La regresión o la ovulación del folículo disminuye el estradiol y bloquea el mecanismo luteolítico. El retraso en la luteólisis incrementará la cantidad de tiempo que el embrión tiene para enviar señales a la madre. En la práctica, las dos estrategias descritas arriba sufren de "efectos rodeo", en los cuales existe una respuesta positiva en algunos rodeos pero no en otros. Las causas subyacentes de los efectos rodeo son desconocidas. Los tratamientos pueden ser más exitosos cuando se los aplica a vacas lactantes con baja condición corporal (p. ej., vacas target con el mayor riesgo de infertilidad).

La tercera estrategia es la administración de somatotrofina bovina recombinante (STbr) cercana al momento de la inseminación. La aplicación de la STbr a la IA ha mostrado ser eficaz en incrementar la tasa de preñez para vacas inseminadas por IA programada y al celo (31).

### 3.4 Dietas que están diseñadas para mejorar la fertilidad

El desarrollo de dietas que incrementan la fertilidad en vacas de tambo siempre ha sido una opción atractiva para los productores y los científicos. Las vacas de tambo pueden ser alimentadas con nutrientes específicos que están diseñados para chocar con el sistema endócrino de la vaca (abordaje tipo nutracéutico). Algunos ejemplos de esto son la alimentación con dietas hiperinsulinémicas (7) y la suplementación con propilenglicol (2). En cada caso, la glucosa sanguínea y las concentraciones de insulina son incrementadas estrategicamente, y la fertilidad puede verse mejorada debido a que la vaca es "engañada" a pensar que se encuentra en un balance energético positivo. También es posible hacer a medida la composición de ácidos grasos de la dieta. La alimentación con ácidos grasos poliinsaturados puede mejorar la reproducción en vacas lecheras ya que se atenúa el mecanismo luteolítico de síntesis de la PGF<sub>2n</sub> (17).

## 4. Corrección de la genética de vacas lecheras de alta producción

Los problemas que enfrenta la reproducción de las vacas de tambo no son simples. Una reversión en las tendencias actuales puede ser lograda solamente a través de una variedad de abordajes. Deberían perseguirse las soluciones a corto plazo provistas arriba. En las de largo plazo, la tendencia actual de entrecruzamiento necesita ser atenuada y las vacas deberían ser seleccionadas activamente en cuanto a las mejoras en la eficiencia reproductiva.



#### 4.1 Entrecruzamiento en vacas lecheras

El entrecruzamiento en las vacas lecheras se ha incrementado dramaticamente desde 1980 y puede jugar un rol en el decline reproductiva. Los niveles presentes de entrecruzamiento para las vacas de Estados Unidos son mayores y continúan incrementándose en la mayoría de las razas. Los tamaños de poblaciones efectivas para la mayoría del rodeo lechero nacional son de 50. El entrecruzamiento afecta negativamente los aspectos reproductivos de la vaca lechera, y se encuentra pobremente definido un nivel "seguro" de entrecruzamiento.

La manera más simple de corregir el entrecruzamiento es a través de cruzas. La mayor limitación es que la raza Holstein es superior en términos de producción láctea. Por lo tanto, a pesar de que existe heterosis para la producción lechera, la vaca cruza produce menos leche que la Holstein. Las vacas cruza Holstein-Jersey tuvieron una mejor fertilidad que las vacas Holstein cuando se las estudió dentro de un rodeo de investigación universitaria (11). En el largo plazo, puede ser necesario desarrollar múltiples líneas de vacas lecheras con capacidad equivalente de producción lechera, de manera que la cruza pueda ser usada para mantener la diversidad genética y capitalizar la heterosis.

## 4.2 Mejora de la genética de la vaca lechera en aspectos reproductivos

La reproducción en las vacas lecheras al postparto es problemática debido a que los índices de selección genética en el pasado no incorporaron aspectos reproductivos. Pocos argumentarán que la alta fertilidad tuvo valor. La pregunta es ¿cuanto valor tiene? Es particularmente importante responder esta pregunta ya los índices de selección son evaluados por el valor económico de su aspecto. La reproducción nunca va a mejorar si subvaluada en relación con otros aspectos por parte de los científicos que desarrollan los índices de selección para las vacas lecheras.

Claramente ha habido un cambio en la manera que seleccionamos a la vaca de tambo. Un examen histórico de los índices de selección primarios en los Estados Unidos muestra claramente un cambio hacia aspectos de longevidad y funcionalidad desde mediados de los '90. La disminución mundial en la fertilidad en el tambo está siendo tratada mediante la inclusión de aspectos reproductivos en los índices de selección. Un índice de selección (que teoricamente refleja rentabilidad) es el mejor método para seleccionar futuros toros.

Los aspectos reproductivos tienen baja heredabilidad pero el cceficiente de variación para los aspectos reproductivos es muy grande. Por lo tanto, la selección genética para buena fertilidad es posible en la vaca de tambo. La situación actual con la genética de la reproducción en el tambo no es un callejón sin salida. El problema puede ser corregido sin recortar en términos de producción lechera. Es, por supuesto, científicamente excitante el predecir como cambiarán las vacas de tambo si se las selecciona simultaneamente para producción de leche y aspectos reproductivos. La selección para producción de leche fue realizada sin ninguna noción preconcebida sobre como esto

cambiaría a la vaca. Asimismo, la selección genética por aspectos reproductivos debe ser practicada de igual manera con el único objetivo de lograr una mejor fertilidad a través de un abordaje balanceado. Probablemente es inaceptable el simplemente mantener los niveles de fertilidad actuales ya que el nivel de intervención reproductiva es muy alto en los tambos modernos.

#### 5.0 Conclusiones

Abordajes aislados probablemente no reviertan la disminución actual en la fertilidad del tambo ya que las causas subyacentes son multifacéticas y parecen afectar el proceso reproductivo a todo nivel. En el corto plazo, el manejo reproductivo agresivo (tratamiento del anestro, uso de toros de alta fertilidad, sincronización del celo y resincronización, tratamientos post-inseminación, etc.) debería mantener las tasas reproductivas actuales. La formulación de dietas para mejorar la reproducción es otra opción porque los tamberos están acostumbrados a cambiar sus dietas para adaptarse a sus objetivos de manejo. Una solución a largo plazo es el mejorar la genética reproductiva de la vaca de tambo. Esto incluye aliviar los niveles actuales de entrecruzamiento y además revertir las tendencias genéticas que sostienen el patrón actual de declinación reproductiva. A pesar de que los progresos hacia la producción de leche pueden ser menores, la vaca será más saludable y más fácil de manejar pues quedará preñada más facilmente.

#### 6.0 Referencias

- Burkhart M, Youngquist R, Spain J, Sampson J, Bader J, Vogel R, Lamberson W, Garverick HA. 2005. NEFA and glucose levels in serum of periparturient dairy cows are indicative of pregnancy success at first service. Journal of Animal Science 83 (Supplement 1):299 (abstract).
- Butler ST, Pelton SH, Butler WR. 2006. Energy balance, metabolic status, and the first postpartum ovarian follicle wave in cows administered propylene glycol. Journal of Dairy Science 89:2938-2951.
- 3. Chebel RC, Santos JE, Cerri RL, Galvao KN, Juchem SO, Thatcher WW. 2003. Effect of resynchronization with GnRH on day 21 after artificial insemination on pregnancy rate and pregnancy loss in lactating dairy cows. Theriogenology 60:1389-1399.
- Chebel RC, Santos JE, Reynolds JP, Cerri RL, Juchem SO, Overton M. 2004. Factors affecting conception rate after artificial insemination and pregnancy loss in lactating dairy cows. Animal Reproduciton Science 84:239-255.
- Cornwell JM, McGilliard ML, Kasimanickam R, Nebel RL. 2006. Effect of sire fertility and timing of artificial insemination in a Presynch + Ovsynch protocol on firstservice pregnancy rates. Journal of Dairy Science 89:2473-2478.
- Gilbert RO, Shin ST, Guard CL, Erb HN, Frajblat M. 2005. Prevalence of endometritis and its effects on reproductive performance of dairy cows. Theriogenology 64:1879-1888.
- 7. Gong JG, Lee WJ, Garnsworthy PC, Webb R. 2002. Effect of dietary-induced increases in circulating insulin



- concentrations during the early postpartum period on reproductive function in dairy cows. Reproduction 123:419-427.
- 8. Green MP, Hunter MG, Mann GE. 2005. Relationships between maternal hormone secretion and embryo development on day 5 of pregnancy in dairy cows. Animal Reproduction Science 88:179-189.
- Hansen LB. 2000. Consequences of selection for milk yield from a geneticist's viewpoint. Journal of Dairy Science 83:1145-1150.
- Hansen PJ, Soto P, Natzke RP. 2004. Mastitis and fertility in cattle - possible involvement of inflammation or immune activation in embryonic mortality. American Journal of Reproductive Immunology 51:294-301.
- 11. Heins BJ, Hansen LB, Seykora AJ, Hazel AR, Linn JG, Johnson DG, Hansen WP. 2006. Crossbreds of Jersey/ Holstein compared to pure Holsteins for production, calving difficulty, stillbirths, and fertility. Journal of Dairy Science 89 (Supplement 1):245-246 (abstract).
- 12. Leroy JL, Vanholder T, Mateusen B, Christophe A, Opsomer G, de Kruif A, Genicot G, Van Soom A. 2005. Non-esterified fatty acids in follicular fluid of dairy cows and their effect on developmental capacity of bovine oocytes in vitro. Reproduction 130:485-495.
- Lopez H, Satter LD, Wiltbank MC. 2004. Relationship between level of milk production and estrous behavior of lactating dairy cows. Animal Reproduction Science 81:209-223.
- 14. Lucy MC. 2001. Reproductive loss in high-producing dairy cattle: Where will it end? Journal of Dairy Science 84:1277-1293.
- Lucy MC. 2003. Mechanisms linking nutrition and reproduction in postpartum cows. Reproduction Supplement 61:415-427.
- 16. Mapletoft RJ, Lindsell CE, Pawlshyn V. 1986. Effects of clenbuterol, body condition, and nonsurgical embryo transfer equipment on pregnancy rates in bovine recipients. Theriogenology 25:172 (abstract).
- 17. Mattos R, Staples CR, Thatcher WW. 2000. Effects of dietary fatty acids on reproduction in ruminants. Reviews in Reproduction 5:38-45.
- 18. McDougall S. 2003. Resynchrony of previously anoestrous cows and treatment of cows not detected in oestrus that had a palpable corpus luteum with prostaglandin F2 alpha. New Zealand Veterinary Journal 51:117-124.
- Meyer JP, Radcliff RP, Rhoads ML, Bader JF, Murphy CN, Lucy MC. 2006. Factorial analysis of timed Al protocols for synchronization of first insemination in dairy cattle. Journal of Dairy Science (in press).
- 20. Opsomer G, Gröhn YT, Hertl J, Coryn M, Deluyker H, de Kruif A. 2000. Risk factors for post partum ovarian dysfunction in high producing dairy cows in Belgium: a field study. Theriogenology 53:841-857.
- 21. Perry GA, Smith MF, Lucy MC, Green JA, Parks TE, MacNeil MD, Roberts AJ, Geary TW. 2005. Relationship between follicle size at insemination and pregnancy success. Proceedings of the National Academy of Science

- USA 102:5268-5273.
- 22. Petersson KJ, Gustafsson H, Strandberg E, Berglund B. 2006. Atypical progesterone profiles and fertility in Swedish dairy cows. Journal of Dairy Science 89:2529-2538.
- 23. Santos JEP, Thatcher WW, Chebel RC, Cerri RLA, Galvao KN. 2004. The effect of embryo death rates in cattle on the efficiency of estrus synchronization programs. Animal Reproduction Science 82-83:513-535.
- 24. Schafer DJ, Bader JF, Meyer JP, Haden JK, Ellersieck MR, Smith MR, Patterson DJ. 2005. A comparison of progestin-based protocols to synchronize ovulation prior to fixed-time artificial insemination in postpartum beef cows. Journal of Animal Science 83 (Supplement 1):85.
- 25. Silke V, Diskin MG, Kenny DA, Boland MP, Dillon P, Mee JF, Sreenan JM. 2002. Extent, pattern and factors associated with late embryonic loss in dairy cows. Animal Reproduction Science 71:1-12.
- 26. Snijders SE, Dillon P, O'Callaghan D, Boland MP. 2000. Effect of genetic merit, milk yield, body condition and lactation number on in vitro oocyte development in dairy cows. Theriogenology 53:981-989.
- 27. Starbuck GR, Gutierrez CG, Peters AR, Mann GE. 2006. Timing of follicular phase events and the postovulatory progesterone rise following synchronisation of oestrus in cows. Veterinary Journal 172:103-108.
- 28. Sterry RA, Welle ML, Fricke PM. 2006. Effect of interval from timed artificial insemination to initiation of resynchronization of ovulation on fertility of lactating dairy cows. Journal of Dairy Science 89:2099-2109.
- 29. Stevenson JS, Pursley JR, Garverick HA, Fricke PM, Kesler DJ, Ottobre JS, Wiltbank MC. 2006. Treatment of cycling and noncycling lactating dairy cows with progesterone during Ovsynch. Journal of Dairy Science 89:2567-2578.
- 30. Thatcher WW, Moreira F, Pancarci SM, Bartolome JA, Santos JE. 2002. Strategies to optimize reproductive efficiency by regulation of ovarian function. Domestic Animal Endocrinology 23:243-254.
- 31. Thatcher WW, Bilby TR, Bartolome JA, Silvestre F, Staples CR, Santos JE. 2006. Strategies for improving fertility in the modern dairy cow. Theriogenology 65:30-44.
- 32. Vanholder T, Leroy JL, Soom AV, Opsomer G, Maes D, Coryn M, de Kruif A. 2005. Effect of non-esterified fatty acids on bovine granulosa cell steroidogenesis and proliferation in vitro. Animal Reproduction Science 87:33-44.
- Vanholder T, Opsomer G, de Kruif A. 2006. Aetiology and pathogenesis of cystic ovarian follicles in dairy cattle: a review. Reproduction Nutrition and Development 46:105-119.
- 34. Vasconcelos JL, Demetrio DG, Santos RM, Chiari JR, Rodrigues CA, Sa Filho OG. 2006. Factors potentially affecting fertility of lactating dairy cow recipients. Theriogenology 65:192-200.
- 35. Wiltbank M, Lopez H, Sartori R, Sangsritavong S, Gumen A. 2006. Changes in reproductive physiology of lactating dairy cows due to elevated steroid metabolism. Theriogenology 65:17-29.