

INDUCCIÓN DE CELOS E INSEMINACIÓN ARTIFICIAL EN VACAS DE LECHE EN ANESTRO. UNA NUEVA APROXIMACIÓN A UN VIEJO PROBLEMA

Cavestany, D.*. 2010. Taurus, Bs. As., 12(45):24-34.

*DVM, MSc, PhD. Departamento de Reproducción, Facultad de Veterinaria; INIA La Estanzuela, Colonia, Uruguay. daniel.cavestany@gmail.com
www.produccion-animal.com.ar

Volver a: [Inseminación artificial en cría y tambo](#)

ÍNDICE

1. Factores que afectan el reinicio de la actividad ovárica postparto en vacas Holstein de alta producción.
2. Efecto de la alimentación en el periparto en el metabolismo y reinicio de la ciclicidad ovárica
3. Reinicio de la actividad ovárica postparto y factores que la afectan
4. Estrategias para acortar el anestro postparto
 - 4.1. Control del desarrollo folicular
 - 4.2. Suplementación con progestágenos
 - 4.3. Regulación del cuerpo lúteo
 - 4.4. Sincronización de la ovulación
5. Conclusiones
6. Bibliografía

RESUMEN

La selección genética y los requerimientos para producción de leche han derivado en una disminución de la fertilidad, la que se manifiesta no solamente como una menor tasa de preñez, sino como una demora en el reinicio de la actividad ovárica postparto. Este prolongado anestro postparto está relacionado estrechamente al balance energético, que es siempre negativo durante las primeras semanas de lactancia, ya que la energía necesaria para producir leche es mayor a la energía que la vaca ingiere. El reflejo de este balance energético negativo (BEN) es una pérdida de condición corporal y el incremento de metabolitos como ácidos grasos no esterificados (NEFA) y β -hidroxibutirato (BHB) en sangre. La comunicación entre el metabolismo y el eje reproductivo está dada por hormonas como insulina, hormona del crecimiento (GH) y factor de crecimiento tipo insulínico (IGF-I). Diversas estrategias se han desarrollado para acortar el anestro postparto, que incluyen una variedad de hormonas y protocolos, asociados o no a inseminación a tiempo fijo (IATF). Cualquiera sea el protocolo utilizado, la progesterona es fundamental para lograr una adecuada respuesta en términos de fertilidad.

Palabras clave: anestro postparto; balance energético; sincronización/inducción de celos; progesterona.

1. FACTORES QUE AFECTAN EL REINICIO DE LA ACTIVIDAD OVÁRICA POSTPARTO EN VACAS HOLSTEIN DE ALTA PRODUCCIÓN

La selección genética por producción de leche en vacas Holstein durante las últimas décadas ha sido relacionada a una disminución en la eficiencia reproductiva a nivel mundial (37). El reinicio de la ciclicidad ovárica luego del parto está íntimamente asociada con el balance energético durante este período y el comienzo del balance energético positivo se correlaciona de forma positiva con el tiempo de la primera ovulación (10). A pesar de que los mecanismos fisiológicos que tiene la vaca lechera para poder adaptarse a los requerimientos de lactación son básicamente similares en los diferentes sistemas productivos, en sistemas pastoriles las demandas energéticas debidas al pastoreo pueden modificar las grandes transformaciones que ocurren en este período. Más aún, la ingesta de materia seca en estos sistemas es usualmente más baja que en los sistemas confinados y generalmente es insuficiente para sostener la alta producción de leche que puede obtenerse con el potencial genético existente.

La transición del estado preñada-no lactando al de no preñada-lactando es un cambio dramático para la vaca, la cual debe adaptar su metabolismo durante las primeras semanas postparto a las fuertes exigencias que le demanda la producción y al cambio de régimen alimenticio acorde con su nuevo nivel de requerimientos (24). Durante este período la vaca está en balance energético negativo, ya que la cantidad de energía requerida para mantener la producción de leche supera la de la ingesta y la vaca debe movilizar nutrientes de las reservas corporales

(18) y esto es visible en la pérdida de condición corporal (2). La severidad del balance energético negativo para cada vaca dependerá del potencial genético de producción, de las reservas corporales y de la ingesta de materia seca (29). La gran movilización grasa que ocurre en el pre y postparto temprano se acompaña de una pronunciada elevación de ácidos grasos no esterificados (NEFA). Este aumento de NEFA puede ser seguido de una producción aumentada de β -hidroxibutirato (BHB), el cual refleja la importante lipólisis y déficit energético (12,40) con dietas pobres en proteína compensan en parte el déficit a través de la movilización de sus reservas corporales y la disminución de la eliminación renal de urea, lo que se refleja en pérdidas de peso, condición corporal y disminución de la producción láctea (58).

Los mecanismos fisiológicos de señales que informan al eje hipotálamo-hipófisis-ovárico del estado de balance energético del animal son complejos y confusos. Muchos estudios han propuesto señales metabólicas tales como metabolitos sanguíneos (NEFA, BHB) y hormonas metabólicas como insulina, hormona del crecimiento (GH) y factor de crecimiento tipo insulínico (IGF-I) que se ven afectados por alteraciones en el metabolismo energético (17, 28). Los estudios que han investigado las señales metabólicas potenciales para el eje reproductivo se han concentrado principalmente en los metabolitos sanguíneos y las hormonas metabólicas que se saben fluctúan durante estados alterados del metabolismo energético. La insulina juega un rol central en el control homeostático y su concentración está relacionada positivamente con la ingesta de energía (17). Su disminución es consistente con la reducción de la ingesta que caracteriza este período (6). Beam y Butler (5) han reportado que la relación entre insulina y hormona del crecimiento (y su mediador el IGF-I) y el día del nadir de balance energético influyen el crecimiento folicular. Vacas con folículos dominantes ovulatorios y secretores activos de estradiol presentan mayores niveles circulantes de IGF-I en las primeras dos semanas postparto (3,4). Otros estudios apoyan la hipótesis de que los niveles circulantes de IGF-I en el periparto son buenos indicadores de la capacidad del retorno a la ciclicidad ovárica (48, 49,45).

2. EFECTO DE LA ALIMENTACIÓN EN EL PERIPARTO EN EL METABOLISMO Y REINICIO DE LA CICLICIDAD OVÁRICA

Trabajos realizados por nosotros demostraron que con una alimentación alta en energía en el preparto (15, 16) se logra mejorar la condición corporal al parto asociada a menores elevaciones de metabolitos responsables de la lipólisis como NEFA y BHB. La producción de leche puede estar incrementada, aunque esta respuesta no ha sido uniforme en los diferentes ensayos. La eficiencia reproductiva se ha mejorado, reflejada por un menor intervalo a la primera ovulación postparto y mayor porcentaje de hembras en las que se produce la ovulación del folículo de la primera onda folicular postparto. La respuesta parece ser diferente en vacas multíparas que en primíparas, ya que las concentraciones de IGF-I son menores en primíparas. Esto contrasta con lo reportado por Wathes y col. (56), donde las concentraciones de IGF-I fueron más altas en animales jóvenes. Como los bajos niveles de insulina e IGF-I son las señales metabólicas que retrasan la ovulación (5) y las concentraciones de IGF-I son más altas en vacas primíparas, Taylor y col. (51) sugieren que en esta categoría -que todavía está creciendo- las concentraciones de insulina serían las limitantes para la eficiencia reproductiva (en la vacas adultas el IGF-I determinaría la actividad reproductiva). Las vacas con mejor condición corporal al parto tienen concentraciones de IGF-I más altas y mejor eficiencia reproductiva de acuerdo con Roberts y col. (45), que encontró que las concentraciones de IGF-I en el periparto eran buenos indicadores de la capacidad de comenzar la ciclicidad postparto en vacas con dietas con poca energía. La mayoría de los reportes -en sistemas de estabulación- coinciden en destacar la incidencia del IGF-I y la leptina como las señales endócrinas que informan al eje reproductivo respecto del balance energético y/o del nivel de reservas corporales sol un estudio previo (40), las vacas primíparas presentaron menores concentraciones de IGF-I y las vacas con condición corporal al parto menor a 3 tuvieron menos IGF-I y leptina, y estos animales también presentaron peores índices reproductivos. De forma similar, existe una relación negativa entre IGF-I durante el postparto y el intervalo de reinicio de la ciclicidad ovárica (11). Los datos referentes a leptina y eficiencia reproductiva son confusos; las vacas con concentraciones de leptina más bajas presentan un reinicio a la ciclicidad ovárica más tardío (28, 30). Los datos presentados en ese estudio no apoyan la teoría de que las concentraciones de leptina activan el eje hipotálamo-hipófisis-ovárico, ya que a diferencia de las otras hormonas, la leptina permaneció baja hasta el día 60 postparto. Por otro lado, no solo la concentración de la hormona y la sensibilidad del tejido a la misma (receptores) son importantes para el eje reproductivo, sino también la dinámica endócrina (por ejemplo, la caída de leptina -como la de IGF-I fue más abrupta en vacas primíparas) puede ser leída por el sistema endocrino como una señal diferente.

La inclusión de lípidos en la dieta postparto puede estimular el crecimiento folicular en ciclos normales (33), luego de protocolos de sincronización de celos(36, 46, 55), o á comienzo del crecimiento folicular postparto(3, 21, 34, 57). Sin embargo, los efectos de la suplementación lipídica en la duración del intervalo a la primera ovulación postparto son controversiales, con trabajos que reportan una disminución (3,57), o ningún efecto (21, 34). El efecto beneficioso de los lípidos en el crecimiento folicular ha sido atribuido a un aumento en los niveles de colesterol que puede aumentar la esteroidogénesis (3,57), o provocar cambios en la dinámica de hormonas como IGF-I (55),

insulina (33), LH (27) o prostaglandina F2 α (34). En muchos casos la respuesta parece estar específicamente asociada a la ingesta de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) como ácido linoleico (46, 55, 57). En algunos de nuestros trabajos con suplementación lipídica hemos encontrado un aumento del porcentaje de vacas primíparas que ovulan el folículo dominante de la primera onda folicular postparto, pero no en multíparas (41), aunque en otros casos (Crespi y col., 2008, no publicado) no hemos encontrado respuesta similar. La causa de esto parece estar asociada a la condición corporal al parto, siendo los efectos beneficiosos solo en animales que llegan al mismo en baja condición corporal.

3. REINICIO DE LA ACTIVIDAD OVÁRICA POSTPARTO Y FACTORES QUE LA AFECTAN

En vacas de leche no amamantando, el desarrollo folicular comienza muy temprano luego del parto, con la emergencia de una onda folicular, reclutamiento y selección de un folículo dominante. La falla en ovular del folículo dominante de la primera onda folicular postparto demora el comienzo de la actividad luteal (3,4), lo que en sistemas reproductivos estacionales está asociado a una baja eficiencia reproductiva (14). Esto es debido a que la vaca tiene menos ciclos estrales de duración normal antes del comienzo de la estación reproductiva (54), lo que a su vez está relacionado con una menor manifestación de celos, menor fertilidad al primer servicio y menor tasa de preñez (20,31). Por otro lado, Royal y col. (47) han reportado una correlación genética positiva entre el comienzo de la actividad luteal postparto y el intervalo entre partos. Además, dado que un intervalo entre partos de 12 meses es generalmente considerado como óptimo para lograr mejores resultados económicos (22), es deseable que las vacas reasuman su actividad ovárica lo antes posible. Sin embargo, el consumo de alimentos está a menudo limitado y el gasto energético que representa para el animal el tener que "cosechar" su propio alimento (pastoreo) representa un gasto extra de energía para la vaca (32), que puede empeorar el balance energético negativo postparto y, de esta manera, demorar el reinicio de la funcionalidad ovárica demorando por lo tanto la primera ovulación postparto. Esto ha sido confirmado en diferentes estudios siendo particularmente más grave para vacas primíparas que se adaptan con más dificultad al rápido aumento de requerimientos para la producción de leche, lo que a su vez se refleja en perfiles endócrinos y metabólicos más desbalanceados (12,40).

Si bien los factores que controlan la primera ovulación postparto no han sido determinados totalmente, las hormonas metabólicas insulina e IGF-I (a su vez estimuladas por el consumo de alimentos) estimulan la producción de estradiol por el ovario (1, 9, 25, 26) y regulan el crecimiento del folículo ovulatorio (36). Los niveles circulantes de estas hormonas son más altos en vacas que ovulan la primera onda folicular (4,15). A pesar de esto, hay un porcentaje de vacas en las que no se produce la ovulación en la primera onda folicular (en igualdad de condiciones con sus compañeras), resultando en un anestro más prolongado (15), lo cual parecería estar relacionado a factores genéticos (Meikle y col., 2008, datos preliminares no publicados). Asimismo, la disminución de la fertilidad asociada al aumento de producción de leche se ha asociado a una disminución de los ciclos estrales normales, mayor incidencia de anestro y mayor porcentaje de fases luteales prolongadas (38).

4. ESTRATEGIAS PARA ACORTAR EL ANESTRO POSTPARTO

Si bien, como mencionamos antes, una mejor alimentación previa al parto y en el postparto temprano colabora a acortar el reinicio de la ciclicidad postparto favoreciendo ovulaciones más tempranas, la misma no representa siempre la solución para el problema del anestro. La genética actual de las vacas Holando va a priorizar el direccionamiento de nutrientes hacia la producción de leche antes que a la recuperación de reservas corporales o la actividad reproductiva. Esto hace que en el corto plazo, las soluciones existentes se orientan hacia un manejo reproductivo más agresivo (tratamiento del anestro con progestágenos, sincronización de celos, diagnóstico precoz de gestación, resincronización de vacas vacías, etc.) (23). En un futuro próximo, posiblemente restricciones en el uso de hormonas en animales productores de alimentos para consumo humano harán necesario la búsqueda de otras alternativas para mantener la eficiencia reproductiva.

En una excelente revisión sobre el anestro postparto en vacas de leche (43), los autores proponen una nueva clasificación de éste basada en la dinámica folicular y luteal. Considerando las etapas de crecimiento folicular (emergencia, desviación, crecimiento y ovulación) y la formación del cuerpo lúteo (CL) clasifican el anestro en cuatro categorías: el anestro tipo I es aquel en el cual hay emergencia de una onda folicular pero no desviación, cuya principal causa sería una subnutrición severa. En el tipo II hay desviación y crecimiento folicular pero seguido de atresia o regresión, debido posiblemente a bajos niveles de estrógenos. El anestro tipo III hay desviación, crecimiento y establecimiento de un folículo dominante que no ovula y se vuelve persistente; esto puede ser debido a una falla en la sensibilidad del hipotálamo a los estrógenos o una respuesta alterada del folículo a las hormonas hipofisarias (FSH y LH) mediada por las hormonas metabólicas (Insulina, IGF-I). En un porcentaje de casos, estos folículos pueden transformarse en quísticos. El anestro tipo IV es por una fase luteal prolongada debido a la falta de un folículo dominante estrogénico al tiempo de la regresión del CL. En este sentido, se piensa que el estradiol proveniente de un folículo dominante induce la formación de receptores uterinos para oxitocina, los que

llevan a una secreción pulsátil de Prostaglandina F_{2α} y regresión del CL. Algunas de las causas de este tipo de anestro serían infecciones uterinas.

Concordamos con Peter y col., (43) en que no existe un tratamiento particular para el anestro que pueda ser recomendado inequívocamente para todos los tambos. Con esta consideración presente, los tratamientos para anestro postparto deben estar dirigidos a aumentar la frecuencia de pulsos de LH y permitir a los folículos alcanzar las etapas finales de maduración. Si se utilizan métodos hormonales para el tratamiento de anestro, es necesario iniciar los mismos con una fuente de progesterona para estimular el sistema hipotálamo-hipofisario, luego de lo cual se pueden utilizar combinaciones hormonales que desencadenen la secuencia de eventos necesarios para lograr una ovulación (GnRH, Estradiol, Prostaglandinas, etc.). Dentro de estas premisas (adición de un progestágeno, combinaciones hormonales, inseminación a tiempo fijo o a celo visto) existe una gran variedad de tratamientos que tienen costos diferentes, pero lo importante para la toma de decisiones en cuanto a cuál emplear, no es simplemente el costo de los mismos sino el costo de oportunidad de preñar más animales en menor tiempo, particularmente importante en sistemas de servicios estacionales.

La mayoría de los sistemas de sincronización de celos emplean métodos para: 1) controlar el desarrollo de las ondas foliculares; 2) promover la ovulación y 3) sincronizar el estro y/o la ovulación al final del tratamiento.

4.1. CONTROL DEL DESARROLLO FOLICULAR

El desarrollo folicular en vacas ocurre en "ondas", que comprenden reclutamiento, selección, dominancia y ovulación o atresia del folículo mayor o dominante (FD). El reclutamiento ocurre cada 8 a 10 días y en general un único folículo es seleccionado para finalizar el crecimiento (23). Esta onda folicular puede ser programada hormonalmente para lograr un desarrollo sincronizado. Para ello existen dos métodos, el más simple y preciso (aunque no el menos costoso) es la administración de una dosis de GnRH capaz de inducir la liberación de LH y causar la ovulación o regresión del FD, dependiendo de su estado de crecimiento y actividad metabólica (36). La dosis varía con los productos comerciales, pero generalmente oscila entre 8 y 100 µg dependiendo del principio activo de los mismos. Otra opción (menos costosa) es el estradiol natural (17β) o alguna de las sales sintéticas (benzoato, valerato o cipionato); estos compuestos tienen diferente vida media en sangre (desde horas para el 17β a días para el cipionato), aspecto que debe ser considerado al utilizarlos, y la precisión en la emergencia de una nueva onda folicular es generalmente menor que cuando se utiliza la GnRH (7).

4.2. SUPLEMENTACIÓN CON PROGESTÁGENOS

Existen varios métodos de administración de progesterona en esquemas de tratamiento de anestro. Los primeros en utilizarse comercialmente fueron formas inyectables de progesterona natural o progestágenos administrados por vía oral (acetato de megestrol, MGA), los que deben ser administrados diariamente por un período prolongado de días que resulta en baja calidad del oocito que ovula luego del tratamiento (47). Posteriormente surgieron implantes auriculares que liberaban progestágenos de una manera lenta, cuyo principal problema era una mayor dificultad en la inserción y retiro de los mismos (19). Luego surgieron los dispositivos intravaginales, siendo el primero de ellos el desarrollado en USA y denominado PRID (Progesterone Release Intravaginal Device), luego el desarrollado en Nueva Zelanda y conocido comercialmente como CIDR (Controlled Internal Drug Release). Existen hoy en el mercado una variedad de estos dispositivos de diferente forma y con distintas concentraciones de progesterona. Quizás el método más nuevo y original, desarrollado recientemente por el Laboratorio Río de Janeiro (Santa Fe, Argentina) es una solución oleosa que contiene 25 mg/mL de progesterona natural, la cual es liberada lentamente a la circulación, logrando niveles plasmáticos de progesterona superiores a 1 ng/mL por unos 5 días (13).

4.3. REGULACIÓN DEL CUERPO LÚTEO

Generalmente los tratamientos para anestro se realizan en vacas que están en lo que denominamos anestros tipo II y III (conocidos también como (anestro superficial), o sea que existe en el ovario un crecimiento folicular que no alcanza el tamaño ovulatorio, dado que animales en anestro tipo I (o "anestro profundo") o sea sin crecimiento folicular por lo menos detectable a la ultrasonografía, están generalmente en un balance energético negativo que tiene pocas chances de respuesta a estos tratamientos. La administración inicial de GnRH en animales con crecimiento folicular, como mencionamos arriba, puede lograr la ovulación de folículos de más de 10 mm y metabólicamente activos (o en etapa de crecimiento y maduración), por lo que la mayoría de los esquemas de tratamientos recomiendan la administración de Prostaglandina F_{2α} a los 7 días de la GnRH (tiempo suficiente para que el cuerpo lúteo formado sea sensible a esta hormona) (52). En casos de iniciar el tratamiento con sales de estradiol hay quienes aconsejan administrar la Prostaglandina F_{2α} un día más tarde, ya que la liberación de LH causante de la ovulación luego de esta hormona ocurre 24 horas más tarde (35). Esta administración de Prostaglandina F_{2α}

podría ser obviada si se realizara una ecografía para detectar la presencia de un cuerpo lúteo en el ovario, aunque la opción requiere, además de mano de obra especializada, una mayor manipulación de los animales.

4.4. SINCRONIZACIÓN DE LA OVULACIÓN

Dijimos que el objetivo del tratamiento de anestro era lograr la ovulación de un folículo; esta puede ocurrir espontáneamente ya que al inicio del tratamiento se produjo el desarrollo de una nueva onda folicular, pero la misma puede ser sincronizada, especialmente cuando se intenta una IATF, eliminando la detección de celos. La administración de GnRH (generalmente 48 horas después de la PG) induce una ovulación sin manifestación de celo (44). Esta GnRH se puede sustituir por una dosis de una sal de estradiol, la cual se administra generalmente antes, típicamente 24 horas luego de la PG si se usa Benzoato de Estradiol. Actualmente existe información que sugiere que la administración de Cipionato de Estradiol (que tiene una vida media en plasma más prolongada que el Benzoato) conjuntamente con la PG podría dar los mismos resultados (8). A diferencia de la administración de GnRH, la administración de estradiol o sus sales no suprime los síntomas de celo, por lo que permite la opción de realizar la IA luego de la detección de celos o una IATF

En resumen, la explicación del esquema propuesto es que, para una respuesta adecuada, los tratamientos a las vacas en anestro deben incluir progesterona. La combinación de GnRH y PG sincroniza las estructuras ováricas para poder lograr una ovulación en un momento predecible. La segunda GnRH (o el estradiol a dosis bajas) induce la ovulación en un ovario previamente "preparado" por el tratamiento anterior.

5. CONCLUSIONES

1. Como mencionábamos antes, no hay un protocolo de elección para la inducción de celos en vacas en anestro, sino que depende de las condiciones particulares de cada tambo.
2. El tratamiento para vacas en anestro postparto debe incluir una fuente de progesterona.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Armstrong, D.G., Gong, J.G., Webb, R. 2003. Interactions between nutrition and ovarian activity in cattle: physiological, cellular and molecular mechanisms. *Reproduction Suppl* 61: 403
2. Bauman, D.E., Currie, W.B. 1980. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *J Dairy Sci* 63: 1514
3. 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 diet fat. *Biol Reprod* 56: 133
4. Beam, S.W., Butler, W.R. 1998. Energy balance, metabolic hormones, and early postpartum follicular development in dairy cows fed prilled lipid. *J Dairy Sci* 81: 121
5. Beam, S.W., Butler, W.R. 1999. Effects of energy balance on follicular development and first ovulation in postpartum dairy cows. *J Reprod Fert Suppl* 54: 411
6. 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
7. Bo, G.A., Adams, G.P., Nasser, L.E, Pierson, R.A., Mapletoft, R.J. 1993. Effect of estradiol valerate on ovarian follicles, emergence of follicular waves and circulating gonadotropins in heifers. *Theriogenology*;40:225
8. Bo, G.A., Chesta, PM: y Cutaia, L.E. 2008. Claves para una IATF exitosa en rodeos de cría. *Memorias de las Cuartas Jornadas Taurus de Reproducción Bovina*. 11 y 12 de septiembre de 2008, Pilar, provincia de Buenos Aires. pp 4-33.
9. Butler, S.T., Pelton, S.H., Butler, W.R. 2004. Insulin increases 17 beta-estradiol productions by the dominant follicle of the first postpartum follicle wave in dairy cows. *Reproduction* 127: 537
10. Butler, W.R., Everett, R.W., Coppok, C.E. 1981. The relationships between energy balance, milk production and ovulation in postpartum Holstein cows. *J Anim Sci* 53: 742
11. Butler, W.R.. 2000. Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Anim Reprod Sci* 60: 449.
12. Cavestany, D., Blanc, J.E., Febel, H., Uriarte, G., Chilbroste, P., Meikle, A., Kulcsar, M., Ferraris, A., Krall, E. 2005. Metabolic profiles of the transition dairy cow under a pasture-based milk production system. *J Vet Med A* 52: 1
13. Cavestany, D., Fernández, D., Salazar, E., Sánchez, A., Leyton, L., Crespi, D. 2008. Determinación de niveles de progesterona en sangre luego de la administración parenteral de progesterona en vacas Holando ovariectomizadas o ciclando. *XXXVI Jornadas Uruguayas de Buiatría, Paysandú, Uruguay*. p.179.
14. Cavestany, D., Galina, C.S., Viñoles, C. 2001. Efecto de las características del reinicio de la actividad ovárica postparto en la eficiencia reproductiva de vacas Holstein en pastoreo. *Archivos de Medicina Veterinaria (Chile)* XXXIII: 217
15. Cavestany, D., Kulcsár, M., Crespi, D., Chilliard, Y., La Manna, A., Valgo, O., Keresztes, B., Delavaud, C., Huszenicza, G., Meikle, A. 2009. Effect of prepartum energetic supplementation on productive and reproductive parameters, and metabolic and hormonal profiles in dairy cows under grazing conditions. *Reprod Domest Anim* 44: 663
16. Cavestany, D., Viñoles, C., Crowe, M.A., La Manna, A., Mendoza, A. 2009. Effect of prepartum diet on the postpartum ovarian activity in Holstein cows in a pasture-based dairy system. *Anim Reprod Sci* 114:1
17. Chilliard, Y., Bocquier, F., Doreau, M. 1998. Digestive and metabolic adaptations of ruminants to undernutrition, and consequences on reproduction. *Reprod Nutr Dev* 38: 131.

18. Chilliard, Y. 1999. Metabolic adaptations and nutrient partitioning in the lactating animal. In: Martinet, J., Houdebine, Head, H.H. (Eds.), *Biology of Lactation*. Inserm/INRA. Paris, France. pp. 503-552.
19. Chupin, D., Deletang, E, Petit, M., Pelot, J., Le Provost, E, Ortavant, R., Parez, M., Mauleon, E 1974. Utilisation de progestagènes en implants sous-cutanés pour la maîtrise des cycles sexuels chez les bovins. *Ann Biol Anim Bioch Biophys* 1974;14:27
20. Darwash, A.O., Woolliams, J.A., Lamming, G.E. 1997. The phenotypic association between the interval to postpartum ovulation and traditional measures of fertility in dairy cattle. *Anim Sci* 65: 9
21. De Fries, C.A., Neuendorff, D.A., Randel, R.D. 1998. Fat supplementation influences postpartum reproductive performance in Brahman cows. *J. Anim. Sci.* 76: 864
22. Dijkhuizen, A.A., Stelwagen, J., Renkema, J.A. 1985. Economic aspects of reproductive failure in dairy cattle. I. Financial loss at farm level. *Prev. Vet. Med.* 3: 251
23. Diskin, M.G., Austin, E.J., Roche, J.F. 2002. Exogenous hormonal manipulation of ovarian activity in cattle. *Domest Anim Endocrinol* 23: 211
24. Drackley, J.K. 1999. Biology of dairy cows during the transition period: the final frontier? *J Dairy Sci* 82: 2259
25. Glister, C., Tannetta, D.S., Groome, N.P., Knight, P.G. 2001. Interactions between follicle-stimulating hormone and growth factors in modulating secretion of steroids and inhibin-related peptides by nonluteinized bovine granulosa cells. *Biol Reprod* 65: 1020
26. Gutierrez, C.G., Campbell, B.K., Webb, R. 1997. Development of a long-term bovine granulosa cell culture system: induction and maintenance of estradiol production, response to follicle-stimulating hormone, and morphological characteristics. *Biol Reprod* 56: 608
27. Hightshoe, R.B., Cochran, R.C., Corah, L.R., Kiracofe, G.H., Harmon, D.L., Perry, R.C. 1991. Effects of calcium soaps of fatty acids on postpartum reproductive function in beef cows. *J. Anim. Sci.* 69: 4097
28. Huszenicza, G., Kulcsar, M., Nikolic, J.A., Schmidt, J., Korodi, E, Katai, L., Dieleman, S., Ribiczei-Szabo, E, Rudas, E 2001. In: Diskin, M.G. (ed.): *Fertility in the high-producing dairy cow*. British Society of Animal Science, Edinburgh, Occasional publications; No 26 Vol 2. pp. 405-409.
29. Ingvarsen, K.L., Andersen, J.B. 2000. Integration of metabolism and intake regulation: a review focusing on periparturient animals. *J. Dairy Sci.* 83: 1573
30. Kadokawa, H., Blache, D., Yamada, Y., Martin, G.B. 2000. Relationships between changes in plasma concentrations of leptin before and after parturition and the timing of first post-partum ovulation in high-producing Holstein dairy cows. *Reprod. Fertil. Dev.* 12: 405
31. Kawashima, C., Fukihara, S., Maeda, M., Kaneko, E., Amaya Montoya, C., Matsui, M., Shimizu, T, Matsunaga, N., Kida, K., Miyake, Y., Schams, D., Miyamoto, A. 2007. Relationship between the first ovulation within three weeks postpartum and subsequent ovarian cycles and fertility in high producing dairy cows. *Reproduction* 133: 155.
32. Kolver, E.S. 2003. Nutritional limitations to increased production on pasture-based systems. *Proc. Nut. Soc.* 62: 291
33. Lammoglia, M.A., Willard, S.T., Hallford, D.M., Randel, R.D. 1997. Effects of dietary fat on follicular development and circulating concentrations of lipids, insulin, progesterone, estradiol-17 β , 13,14-dihydro-15-keto-prostaglandin Fea, and growth hormone in estrous cyclic brahman cows. *J Anim Sci* 75: 1591
34. Lammoglia, M.A., Willard, S.T., Oldham, J.R., Randel, R.D. 1996. Effects of dietary fat and season on steroid hormonal profiles before parturition and on hormonal, cholesterol, triglycerides, follicular patterns, and postpartum reproduction in Brahman cows. *J Anim Sci* 74: 2253
35. Lopes, EL., Arnold, D.R., Williams, J., Pancarci, S.M., Thatcher, M.J., Drost, M., Thatcher, W.W. (2000). Use of estradiol cypionate for timed insemination. *J Anim Sci* 78:Suppl. 1:216
36. Lucy, M.C., Savio, J.D., Badinga, L., de la Sota, R.L., Thatcher, W.W. 1992. Factors that affect ovarian follicular dynamics in cattle. *J Anim Sci* 70: 3615
37. Lucy, M.C. 2001. Reproductive loss in high-producing dairy cattle: where will it end? *J Dairy Sci* 84: 1277
38. Lucy, M.C. 2003. Mechanisms linking nutrition and reproduction in postpartum cows. *Reproduction Suppl* 61: 415.
39. McDougall, S., Burke, C.R., Macmillan, K.L., Williamson, N.B. 1995. Patterns of follicular development during periods of anovulation in pasture-fed dairy cows after calving. *Res Vet Sci* 58: 212
40. Meikle, A., Kulcsar, M., Chilliard, Y., Delavaud, C., Cavestany, D., Chilibroste, P 2004. Effects of parity and body condition at parturition on endocrine and reproductive parameters of the cow. *Reproduction* 127: 727
41. Mendoza, A., La Manna, A., Crespi, D., Crowe, M.A., Cavestany, D. 2008. Whole sunflower seeds as a source of polyunsaturated fatty acids for grazing dairy cows. Effects on metabolic profiles and resumption of postpartum ovarian cyclicity. *Livestock Sci* 119: 183
42. Odde, K.G. (1990). A review of synchronization of estrus in postpartum cattle. *J Anim Sci* 68:817-830.
43. Peter, Vos, P Ambrose, D.J. 2009. Postpartum anestrus in dairy cattle. *Theriogenology* 71: 1333
44. Pursley, J.R., Mee, M.O., Wiltbank, M.C. (1995). Synchronization of ovulation in dairy cattle using GnRH and PG. *Theriogenology* 44:915
45. Roberts, A.J., Nugent, R.A., Klindt, J., Jenkins, T.G. 1997. Circulating insulin-like growth factor I, insulinlike growth factor binding proteins, growth hormone, and resumption of estrus in postpartum cows subjected to dietary energy restriction. *J Anim Sci* 75: 1909
46. Robinson, R.S., Pushpakumara, P.G.A., Cheng, Z., Peters, A.R., Abayesakara, D.R.E., Wathes, D.C. 2002. Effects of dietary polyunsaturated fatty acids on ovarian and uterine function in lactating dairy cows. *Reproduction* 124: 119.

47. Royal, M.D., Pryce, J.E., Woolliams, J.A., Flint, A.P.E 2002. The genetic relationship between commencement of luteal activity and calving interval, body condition score, production, and linear type traits in Holstein-Friesian dairy cattle. *J. Dairy Sci* 85: 3071
48. Spicer, L.J., Enright, W.J., Murphy, M.G., Roche, J.E 1991. Effect of dietary intake on concentrations of insulin-like growth factor-I in plasma and follicular fluid, and ovarian function in heifers. *Domest Anim Endocrinol* 8: 431
49. Spicer, L.J., Tucker, W.B., Adams, G.D. 1990. Insulinlike growth factor-I in dairy cows: relationships among energy balance, body condition, ovarian activity, and estrous behavior. *J Dairy Sci* 73: 929
50. Spicer, L.J. 2001. Leptin: a possible metabolic signal affecting reproduction. *Domest Anim Endocrinol* 21: 251
51. Taylor, V.J., Be ever, D.E., Bryant, M.J., Wathes, D.C. 2003. Metabolic profiles and progesterone cycles in first lactation dairy cows. *Theriogenology* 59: 1661
52. Thatcher, W.W., Macmillan, K.L., Hansen, E.J., Drost, M. (1989). Concepts for regulation of corpus luteum function by the conceptus and ovarian follicles to improve fertility. *Theriogenology* 31:149.
53. Thatcher, W.W., Patterson, M.S., Moreira, E, Pancarci, M., Jordan, E.R., Risco, C.A. (2001). Current concepts for estrus synchronization and timed insemination. *AABP Proc. 34th Annual Convention. Canadá.* 95
54. Thatcher, W.W., Wilcox, C.J. 1973. Postpartum estrus as an indicator of reproductive status in the dairy cow. *J Dairy Sci* 56: 608
55. Thomas, M.G., Bao, B., Williams, G.L. 1997. Dietary fats varying in their fatty acid composition differentially influence follicular growth in cows fed isoenergetic diets. *J Anim Sci* 75: 2512
56. Wathes, D.C., Taylor, V.J., Cheng, Z., Mann, G.E. 2003. Follicle growth, corpus luteum function and their effects on embryo development in postpartum dairy cows. *Reproduction Suppl* 61: 219
57. Wehrman, M.E., Welsh, T.H., Williams, G.L. 1991. Diet-induced hyperlipidemia in cattle modifies the intrafollicular cholesterol environment, modulates ovarian follicular dynamics, and hastens the onset of postpartum luteal activity. *Biol Reprod* 45: 514.
58. Wittwer, E, Bohmwald, H., Contreras, E, Phil, M., Filoza, J. 1983. Variations of energy-related biochemical metabolites during transition period in dairy cows. *Arch Med Vet (Chile)* 19: 35

Volver a: [Inseminación artificial en cría y tambo](#)