

# CUAL ES EL MOMENTO OPTIMO PARA INSEMINAR

Wiltbank, M.C.(1), Sartori, R.(1), Pursley, J.R.(2) y Vasconcelos, J.L.M.(3). 2002. *Taurus*, Bs.As., 4(16):15-23.

(1) University of Wisconsin, Madison, WI, USA.; (2) Michigan State University, East Lansing, MI, USA.

(3) UNESP, Botucatu, Brasil. Conferencia dictada por Milo Wiltbank en la 18ª Technical Conference on Artificial Insemination and Reproduction, NAAB - 29 y 30 de septiembre de 2000.

[www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)

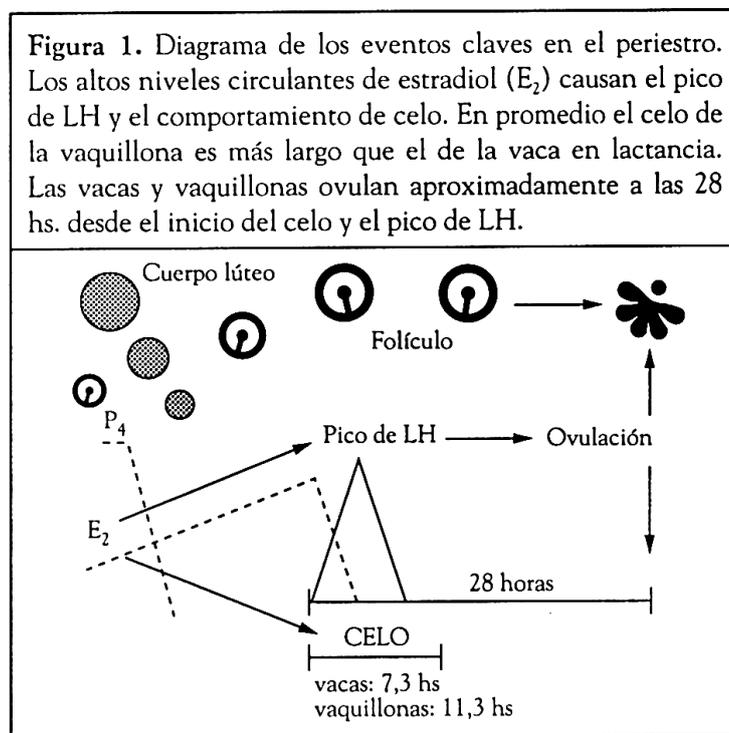
Volver a: [Inseminación artificial](#)

## INTRODUCCIÓN

El momento óptimo para realizar la inseminación artificial (IA) ha sido discutido desde los inicios de la utilización comercial de la técnica. La mayoría de los estudios han sido realizados considerando el momento de inseminación en función de la detección de celo, sin embargo también se han efectuado investigaciones recientes en base a diferentes momentos de IA en relación a ovulaciones sincronizadas. Este tema es de gran importancia para la industria de la IA y está vinculado con la eficiencia de trabajo, el marketing de los servicios y el éxito de los resultados obtenidos con el producto semen. Existen otras revisiones sobre este tema por lo que el presente artículo tratará sólo algunos aspectos fisiológicos e históricos de los estudios realizados acerca del momento óptimo de IA e incluirá algunos de los resultados recientes logrados con diferentes momentos de IA.

## EVENTOS CLAVES EN RELACIÓN AL CELO

La mayoría de los programas de IA están basados en la detección de celo e inseminación de las vacas en relación al momento en que el mismo es detectado. Las preñeces logradas de estos servicios no dependen del comportamiento de celo de las vacas sino de la ocurrencia de la ovulación de un ovocito próxima al momento de las manifestaciones estrales. Los cambios endocrinos y ováricos alrededor del celo han sido muy bien caracterizados por medio de mediciones hormonales y seguimiento ultrasonográfico por vía transrectal. La Figura 1 muestra en forma



simplificada los eventos claves que ocurren en el periestro: el aumento de estradiol, la pasividad a la monta, el pico de LH y la ovulación. Todos estos eventos tienen como disparador el incremento de las concentraciones circulantes de estradiol. Este aumento es debido al crecimiento de un folículo preovulatorio en el ovario. Luego de la regresión del cuerpo lúteo (CL), el folículo dominante crece y produce cantidades crecientes de estradiol. La vaca se vuelve sexualmente activa antes del inicio del celo (pasividad a la monta) a causa del aumento de estradiol en ausencia de progesterona ( $P_4$ ) circulante. La  $P_4$  está baja debido a la regresión del CL. Si el CL no regresa y la  $P_4$  permanece elevada, algunos o todos los eventos subsecuentes (pico de LH, celo, ovulación) no ocurrirán aunque el estradiol aumente.

Luego de que las concentraciones de estradiol alcanzan niveles suficientes durante un cierto tiempo, se producen cambios a nivel cerebral que provocan el inicio de las manifestaciones de celo (pasividad a la monta). Existe también secreción de GnRH en grandes cantidades

desde el hipotálamo. La secreción de GnRH causa el pico de LH. Estos dos eventos (celo y pico de GnRH/LH) ocurren muy cercanos en el tiempo, pero en realidad son debidos a dos acontecimientos distintos que están normalmente sincronizados. Por lo tanto, es posible que en algunas vacas ocurra el celo sin el correspondiente pico de LH.

Por ejemplo, algunas vacas que tienen quistes pueden tener manifestaciones de celo sin pico de LH y ovulación. Por medio de un control ultrasonográfico diario de vacas en lactancia ( $n=175$ ) observamos comportamiento de celo sin ovulación en el 11 % de los animales (Sartori y Wiltbank, datos no publicados). En general, estas vacas no tuvieron folículos suficientemente grandes para ser calificadas como vacas quísticas. La falta de ovulación

probablemente sea debida a la ausencia de pico de LH inducido por el estradiol. Contrariamente, algunas veces vacas en lactancia que no presentaron comportamiento de celo, ovularon debido al pico de LH (aproximadamente un 9 %). Por lo tanto, aunque el celo y el pico de LH ocurren casi simultáneamente, hay casos en que uno de los eventos puede ocurrir en forma independiente.

El inicio del celo es debido a las altas concentraciones de estradiol. El comportamiento de celo en el bovino finaliza antes de la ovulación. El final del celo puede deberse a la disminución de las concentraciones circulantes de estradiol provocada por la marcada reducción de su síntesis por parte del folículo luego del pico de LH. Como muestra la Figura 1, la duración del celo es mayor en vaquillonas que en vacas en lactancia.

Nosotros hemos también encontrado que el pico de estradiol cercano al estro es menor en vacas en lactancia que en vaquillonas. Por lo tanto, la reducida intensidad y duración del celo en vacas en lactancia puede ser debida a la menor concentración de estradiol circulante.

El tiempo que transcurre desde el inicio del celo hasta la ovulación varía entre 25 a 34 hs. El momento del pico de LH es el evento que define el momento de la ovulación. La inducción de un pico de LH y ovulación con una inyección de GnRH previamente al tiempo normal de ovulación causa la ovulación aproximadamente 28 hs. después del tratamiento con GnRH (rango de 24 a 32 hs).

Es fundamental advertir que la IA en base al comportamiento de celo se fundamenta en la idea que el celo es un buen indicador del momento de ovulación. Pero si no se produce la ovulación, no habrá fertilización ni preñez aunque la vaca muestre muy claramente signos de celo. Un procedimiento comúnmente utilizado en los rodeos lecheros, denominado protocolo Ovsynch, fue desarrollado para permitir dar servicio a vacas con ovulaciones sincronizadas sin la necesidad de detección de celos. Este protocolo se basa en la inyección de GnRH para inducir el pico de LH y subsecuente ovulación. Este protocolo también ha permitido realizar numerosos estudios sobre el momento óptimo de IA en relación con ovulaciones inducidas. Es posible comparar el momento óptimo de IA entre estudios utilizando GnRH debido a que el inicio del celo debería corresponderse con el pico de GnRH/LH. Por lo tanto, el momento de aplicación de GnRH se aproxima al momento de inicio del celo y ambos ocurren unas 28 hs antes de la ovulación.

## PRIMEROS ESTUDIOS SOBRE EL MOMENTO ÓPTIMO DE IA

Los primeros estudios sugirieron que había un período muy reducido para lograr óptimos resultados con la IA. Como se muestra en la Tabla 1, los estudios de Trimberger y Davis indicaron que la vaca inseminada al comienzo de celo o 12 hs después de su finalización tenía reducidas tasas de concepción. La fertilidad óptima parecería ser lograda al inseminarse desde la mitad del celo hasta 6 hs después de su finalización. Esta información fue utilizada para desarrollar la denominada regla AM/PM para IA. Sin embargo, debería advertirse que hubo importantes deficiencias en este estudio. Desafortunadamente, el número de vacas por grupo tratado fue bajo para la comparación de tasas de concepción y no hubo un adecuado diseño estadístico para la comparación de datos. Además, la detección de celos se hizo solamente tres veces por día y las inseminaciones fueron realizadas con semen fresco depositado en el cérvix. Por lo tanto es difícil utilizar esta información para determinar el momento óptimo de IA en nuestras condiciones actuales.

En un segundo estudio, Trimberger informó resultados de 132 hembras a las que se les controló el momento de ovulación mediante palpación rectal. Las vacas (n=72) inseminadas antes de la ovulación tuvieron una tasa de concepción del 69 %, mientras que aquellas (n=60) inseminadas después de la ovulación tuvieron una tasa de concepción del 33 %.

**Tabla 1.** Efecto del momento de la inseminación sobre la fertilidad en vacas de carne <sup>(22)</sup>.

Momento de la IA	Vacas inseminadas	Vacas preñadas (%)
Inicio del celo	25	44
Mitad del celo	40	82
Final del celo	40	75
6 hs poscelo	40	63
12 hs poscelo	25	32
18 hs poscelo	25	28
24 hs poscelo	25	12
36 hs poscelo	25	8
48 hs poscelo	25	0

Barret y Casida publicaron los resultados obtenidos con 3.841 inseminaciones con intervalos conocidos desde el inicio del celo (detectado por los productores) hasta el momento de la IA. El porcentaje de preñez promedio fue de 52,4 %, con diferencias aparentes entre grupos (0-3 hs= 46,3 %; 3-<6 hs= 55,8 %; 6-<9 hs= 54,0 %; 9-<16 hs= 53,5 %; 16-<20 hs= 54,4 %; 20-<25 hs= 50,5 %; 25 o más hs= 43,6 %). El mayor descenso fue observado en vacas que fueron inseminadas después del momento esperado de ovulación. También parece obtenerse resultados ligeramente inferiores en vacas inseminadas antes de las 3 hs del inicio del celo.

Aschbacher y col. realizaron un experimento de competencia espermática en el cual cada vaca era inseminada tres veces con semen de tres toros de raza diferente, al inicio del celo, 12 hs y 24 hs más tarde. No hubo un efecto significativo del momento de la IA sobre la fertilidad. Sin embargo, sólo se evaluaron en este estudio 50 vacas. Las vacas tendieron a concebir en las inseminaciones anteriores a la ovulación. Por lo tanto, en base a estos primeros estudios, particularmente las investigaciones

de Trimberger, se impuso la regla AM/PM. No obstante, estos primeros estudios fueron más consistentes para sostener la idea que las vacas no deberían ser inseminadas después de la ovulación y no demostraron convincentemente el momento óptimo de IA.

### INSEMINACIÓN UNA VEZ POR DÍA VS. LA REGLA AM/PM

Varios estudios han informado la obtención de tasas de no retorno similares inseminando una o dos veces por día. Foote comunicó los datos logrados a partir de 44.707 inseminaciones utilizando semen no congelado. Hubo un 72,5 % de las vacas y vaquillonas que fueron observadas en celo por primera vez a la mañana (AM) y 27,5 % observadas por primera vez en celo a la tarde (PM). Estos resultados sugieren que la detección de celo debería hacerse con mayor intensidad en la mañana, debido a que el inicio del estro está distribuido al azar a lo largo del día cuando se emplea un método de monitoreo continuo. La tasa de no retorno a los 150-180 días promedio fue 69,3 % y no hubo efecto del tiempo desde la detección de celo hasta la IA, cuando ésta fue realizada dentro de las 24 hs de la detección. Las vacas inseminadas después de las 24 hs de la detección tuvieron tasas de no retorno inferiores (62,7 a 63,8 %).

**Tabla 2.** Tasas de no retorno obtenidas inseminando una vez por día o con la regla AM/PM.

Programa de IA	Tasas de no retorno a		
	60 días	75 días	90 días
Una vez al día (n=3.659)	64,6%	60,1%	58,4%
AM/PM (n=3.581)	65,6%	60,6%	57,8%

Nebel y col comunicaron las tasas de no retorno de vacas inseminadas una vez por día y de vacas inseminadas según la regla AM/PM. No hubo efecto significativo del programa de IA sobre la tasa de concepción (Tabla 2). González y col. también encontraron que los resultados obtenidos inseminando sólo a la mañana fueron similares a los logrados con la regla AM/PM (Tabla 3). Inseminar dos veces tampoco parece mejorar la tasa de preñez. Los resultados obtenidos con una única IA al inicio del

celo fueron similares a aquellos logrados inseminando al inicio y 12 hs mas tarde (Tabla 4).

**Tabla 3.** Tasa de concepción inseminando una vez por día o a las 12 hs. después del celo (regla AM/PM).

Tratamiento	Nº de vaquillonas	Tasa de concepción (%)
AM/PM	132	62,9
AM	129	62,0

**Tabla 4.** Tasa de concepción con una o dos inseminaciones.

Tratamiento	Nº de vaquillonas	Tasa de concepción (%)
Una IA	84	70,2
Doble IA	86	68,6

Gwazdauskas y col. evaluaron 2.600 inseminaciones en vacas y vaquillonas Holstein para determinar el efecto de varios factores sobre la fertilidad. Numerosos factores tuvieron efecto significativo sobre la tasa de concepción, como: número de lactancia, número de servicio, toro, lugar de descarga del semen en el tracto reproductivo y temperatura máxima. Sorprendentemente, el tiempo desde la primera observación del celo hasta la IA no tuvo efectos significativos sobre la tasa de concepción.

Graves y col. hallaron que vacas Jersey inseminadas una vez por día tuvieron tasas de preñez similares a las obtenidas utilizando la regla AM/PM (Tabla 5). Este trabajo analiza el tiempo desde la detección hasta la IA (Tabla 6). Encontraron que las vacas que fueron detectadas en celo temprano a la mañana e inseminadas en la misma mañana tuvieron tasas de concepción ligeramente inferiores a las de aquellas inseminadas 12 hs posdetección. Por lo tanto, existe disponible una cantidad importante de datos que indica que inseminando una vez por día se obtienen resultados de fertilidad similares a los logrados con la regla AM/PM.

Tabla 5. Efecto de inseminar 1 o 2 veces por día.

	Nº de IA	Porcentaje de preñez
Regla AM/PM	172	60,5%
Una vez por día	165	57,6%

Tabla 6. Efecto del intervalo celo-IA.

	Nº de IA	Porcentaje de preñez
AM/AM	112	51,8 <sup>b</sup>
AM/PM	109	59,6 <sup>a</sup>
PM/AM	116	65,5 <sup>a</sup>

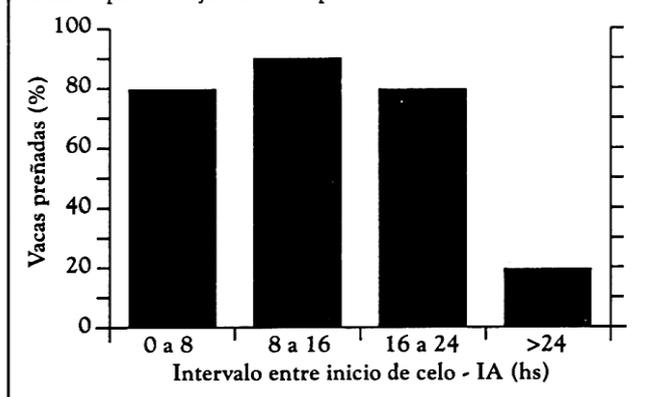
Sin embargo, un estudio de Foote encontró que inseminar en forma muy tardía tuvo efectos negativos y Graves y col. que la IA muy temprana podría tener efectos negativos sobre la fertilidad.

### MOMENTO ÓPTIMO DE IA EN RELACIÓN AL INICIO DEL CELO

Robbins y col. llevaron a cabo un estudio con 2.091 vacas ele carne para determinar el momento óptimo de IA. La detección de celo fue realizada al amanecer y continuó hasta el mediodía y fue reiniciada a las 3-4 PM y continuó hasta el atardecer. Todas las vacas detectadas en celo un día fueron inseminadas al azar al día siguiente, de manera que fueron inseminadas entre 12 y 29 hs posteriores a la detección. Las vacas inseminadas entre 24 y 29 hs posteriores a la detección (n= 1.018) tendieron a una menor fertilidad (58-60 %) que las vacas inseminadas 14-23 posteriores a la detección (n=977; 66-69 %). Los autores también indicaron que las vacas inseminadas a las 12-13 hs posteriores a la detección tuvieron menor fertilidad (57 %), si bien este grupo tuvo menos datos (n=96) que los otros. No se analizaron períodos inferiores a las 12 hs.

Algunos estudios recientes sugieren que hay un período de alrededor de 24 hs durante el cual se puede obtener aceptable fertilidad. Diskin en Irlanda

Figura 2. Efecto del tiempo (hs) desde el inicio del celo (determinado por podómetros) hasta el momento de la IA sobre el porcentaje de vacas preñadas <sup>(10)</sup>.



inseminadas 0-24 hs luego del inicio del celo. Las vacas inseminadas luego de las 24 hs del inicio del estro tuvieron tasas de concepción más bajas, si bien fueron incluidos en este grupo 17 inseminaciones.

comunicó los resultados de 1.200 inseminaciones a partir de toros de fertilidad promedio y por sobre el promedio (Tabla 7). Inseminar en cualquier momento desde el inicio del celo hasta 24 hs posteriores al comienzo arrojó tasas de parición semejantes. Sin embargo, en las vacas inseminadas luego de las 24 hs del comienzo del celo se obtuvieron inferiores porcentajes de parición. Por lo tanto, ambos estudios sostienen fuertemente que se obtiene una inferior fertilidad cuando las vacas son inseminadas demasiado tarde (por ej. luego de la ovulación).

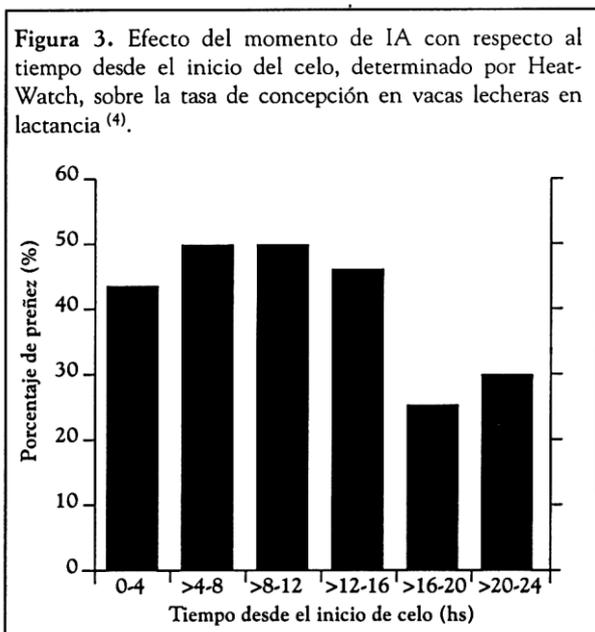
Resultados similares, quizás mas marcados, fueron informados por Maatje y col.. Utilizaron podómetros para determinar el inicio de celo en 117 inseminaciones en 121 vacas. Como lo muestra la Figura 2, se obtuvieron tasas de concepción similares en vacas

Tabla 7. Efecto del momento de IA en relación a la primera observación de celo sobre el porcentaje de parición.

Intervalo (hs.)	0-12	12-18	18-24	24-36
Porcentaje de parición	51	58	54	35

Probablemente el estudio más grande que se ha realizado estudiando el inicio del celo y la fertilidad fue llevado a cabo por Dransfield y col.. Estos investigadores utilizaron el sistema de detección de celo por radiotelemedría

denominado Heat-Watch para determinar el inicio del celo. Cada establecimiento eligió una ventana de 3 horas en las cuales llevar a cabo las IA. Ellos analizaron el tiempo desde el inicio del celo hasta la IA en 2.661 inseminaciones. Como lo muestra la Figura 3, la tasa de concepción fue óptima en vacas inseminadas 4 a 16 hs posteriores al inicio del celo (46-51 %). La reducción más importante se obtuvo en vacas inseminadas más allá de las 16 hs del inicio del celo (28-32 %). Aparentemente ocurre una reducción en las tasas de concepción en vacas inseminadas muy cerca (0-4 hs) del inicio del celo (43 %).



### MOMENTO ÓPTIMO DE IA EN RELACIÓN A LA OVULACIÓN SINCRONIZADA

Otro método utilizado para determinar el momento óptimo de IA es variar el tiempo de IA luego de una ovulación sincronizada. Un protocolo de sincronización de ovulación, denominado Ovsynch, ha sido desarrollado para utilizar en vacas lecheras en lactancia. Este protocolo utiliza GnRH y

prostaglandina  $F_2\alpha$  (PG) para sincronizar el crecimiento folicular, la función luteal y el momento de ovulación. El tratamiento inicial con GnRH es dado a todas las vacas que se encuentran en cualquier fase del ciclo estral. Siete días más tarde se les da PG para regresar los cuerpos lúteos. Dos días más tarde se administra una segunda dosis de GnRH para causar el pico de LH y la ovulación del folículo. Los folículos ovulan 24-32 hs luego de la segunda dosis de GnRH. Por lo tanto, el momento de la segunda GnRH puede ser comparado con el inicio del celo, debido a que en ambos transcurre aproximadamente el mismo tiempo hasta el pico de LH y alrededor de 28 hs hasta el momento de la ovulación.

Pursley y col. utilizaron el protocolo Ovsynch para sincronizar la ovulación en 732 vacas lecheras en lactancia para evaluar la hipótesis que existe un momento óptimo de inseminación en relación a las ovulaciones sincronizadas. Para asegurar la validez de los resultados, fueron variados los momentos de aplicación de hormonas a lo largo

del día para que todas las vacas pudieran ser inseminadas al mismo tiempo, por el mismo inseminador y sin saber a qué grupo pertenecían. Como lo muestra la Tabla 8, la mayor tasa de concepción fue lograda a las 16 hs luego de la segunda dosis de GnRH. No obstante, inseminando entre las 0 y 24 hs posteriores a dicha aplicación se obtuvieron similares tasas de preñez. Las inseminaciones realizadas luego del momento esperado de ovulación (32 hs) lograron inferiores tasas de preñez. Las pérdidas de preñez también tendieron a ser mayores y por lo tanto, el porcentaje de parición a las 32 hs fue significativamente inferior que en vacas inseminadas en otro momento (antes de la ovulación). También hubo una diferencia en la relación de terneros machos y hembras nacidos debido al momento de IA.

**Tabla 8.** Parámetros reproductivos en vacas Holstein en lactancia inseminadas en diferentes momentos con respecto a la ovulación sincronizada con GnRH.

	Momento desde la segunda dosis de GnRH hasta la IA				
	0 hs	8 hs	16 hs	24 hs	32 hs
Nº de vacas	149	148	149	143	143
Preñadas/IA % <sup>a</sup>	37	41	45	41	32*
Pérdidas de preñez <sup>b</sup>	9*	21	21	21	32**
Tasa de parición %	32	34	36	32	23*
Hembras:machos %	61:39 <sup>c</sup>	45:55	54:46	54:46	65:35

\* Diferente de otros grupos de la fila ( $P < 0,05$ ).

\*\* Diferente de otros grupos de la fila ( $P < 0,10$ ).

<sup>a</sup> Efecto cuadrático del tratamiento sobre Pr/IA ( $P < 0,01$ ).

<sup>b</sup> Efecto lineal del tratamiento sobre pérdidas de preñez ( $P < 0,05$ ).

<sup>c</sup> Diferente comparado con la relación hembra:macho esperada de 46:54 ( $P < 0,05$ ).

día. Además, este estudio fue diseñado para evaluar si la menor pérdida de preñez y la mayor proporción de hembras nacidas que fueron logradas inseminando a las 0 hs podía repetirse en otro estudio. Encontramos que las tasas de concepción fueron mayores cuando las vacas fueron inseminadas a las 24 hs (35,1 %) en comparación con las obtenidas a las 0 hs posteriores a la segunda dosis de GnRH (29,2 %). Esta diferencia no fue grande pero estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ) debido al gran número de inseminaciones evaluadas. Las menores pérdidas de preñez en el grupo de 0 hs no se repitieron en este estudio, teniendo ambos grupos importantes pérdidas desde el

día 28 hasta el parto (24,7 % de pérdidas de preñez en promedio). Hubo un 54 % de hembras nacidas en el grupo de 0 hs y un 46 % en el grupo de 24 hs. Existe una tendencia a una diferencia en estos resultados ( $p < 0,1$ ), pero no es totalmente convincente. La bibliografía no es clara sobre si hay efecto del momento de IA sobre la relación de terneros machos:hembras nacidos. Algunos estudios han demostrado que no hay efecto y otros que sí hay un efecto significativo. Es de esperar que los nuevos estudios que se realicen sobre el momento de la IA, examinen críticamente las pérdidas de preñez y la relación de terneros machos:hembras nacidos para proveer mayor información sobre estos temas.

## CONCLUSIONES

Aunque las primeras investigaciones sugirieron que las tasas de concepción podrían mejorarse utilizando la regla AM/PM, existe ahora un acuerdo general en que las inseminaciones realizadas una vez por día logran casi idénticas tasas de concepción. Esto podría deberse a que las observaciones de celo infrecuentes en las condiciones de campo producirían una sustancial discrepancia entre el momento en que el celo es detectado y el inicio real del mismo. Las principales reducciones en fertilidad fueron debidas a inseminar muy tarde desde el inicio del estro. En varios estudios también hubo una disminución de la fertilidad por inseminar al inicio del celo, pero la reducción fue inferior que cuando se lo hacía demasiado tarde.

Aquellos estudios que determinaron con precisión el inicio del celo o que trabajaron con ovulaciones sincronizadas con GnRH generalmente mostraron que las IA realizadas a las 8-18 hs después del inicio del celo (o tratamiento con GnRH) tuvieron óptima fertilidad. Las inseminaciones al inicio del celo o al momento de la administración de GnRH generalmente produjeron tasas de concepción ligeramente inferiores. Esto podría ser explicado por la vida media de los espermatozoides. Existen también algunas evidencias, que necesitan ser confirmadas en futuros estudios, que las IA realizadas 24 hs antes del momento de la ovulación (al tiempo de la administración de GnRH) producirían un aumento del 8-10 % en el porcentaje de terneras nacidas.

La mayor disminución en las tasas de concepción tuvo lugar cuando las vacas fueron inseminadas después de la ovulación ( $>24$  hs del inicio del celo o administración de GnRH). Esta disminución de las tasas de concepción en inseminaciones tardías fue informada en varios estudios, desde los trabajos de Trimberger y Davis en los años '40 hasta los ensayos realizados en los '90. Parecería haber un incremento en las pérdidas de preñez en vacas que resultaron preñadas luego de una IA realizada después de la ovulación. Estos resultados probablemente se deban a la relativamente corta vida media del ovocito. Luego del pico de LH se produce en el bovino la reiniciación de la meiosis en el ovocito. Por lo tanto, la recomendación sobre el momento de IA deberían enfocarse más a lograr inseminaciones tempranas para asegurar que espermatozoides viables estén presentes antes de la ovulación.

## BIBLIOGRAFIA

1. Aschbacher, P.W, Smith, V.R., Stone, W.H. 1956. Observations on fertility following insemination at three stages of the same estrus. *Journal of Animal Science* 51:952.
2. Barret, G.R., Casida, L.E. 1946. Time of insemination and conception rates in artificial breeding. *Journal of Dairy Science* 29:556.
3. Diskin, M.G. 1996. Factors affecting conception rate in cows. *Irish Vet. J.* 49:245-251.
4. Dransfield, M.B.G., Nebel, R.L., Pearson, R.E., Warnick, L.D. 1998. Timing of insemination for dairy cows identified in estrus by a radiotelemetric estrus detection system. *Journal of Dairy Science* 81:1874-1882.
5. Foote, R.H. 1977. Sex ratios in dairy cattle under various conditions. *Theriogenology* 8:349-356.
6. Foote, R.H. 1979. Time of artificial insemination and fertility in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 62:355-358.
7. González, L.V., Fuquay, J.W., Bearden, H.J. 1985. Insemination management for one-injection PGF2a synchronization regimen. 1. One daily insemination versus use of the AMIPM rule. *Theriogenology* 24:495.
8. Graves, W.M., Dowlen, H.H., Lamar, K.C., Johnson, D.I., Saxton, A.M., Montgomery, M.J. 1997. The effect of artificial insemination once versus twice per day. *Journal of Dairy Science* 80:3068-71.
9. Gwazdauskas, E.C., Wittier, W.D., Winson, W.E., Pearson, R.E. 1986. Evaluation of reproductive efficiency on dairy cattle with emphasis on timing of breeding. *Journal of Dairy Science* 69:290-297.
10. Maatje, R.L., Loeffler, S.H., Engel, B. 1997. Predicting One versus two inseminations following detection of optimal time of insemination in cows that show visual estrus. *Theriogenology* 24:501.
11. Nebel, R.L., Dransfeld, M.B.G., Dalton, J.C., Bame, J.H., Saacke, R.G. 2000. Timing of AI - Have we been wrong all these years? *Advances in Dairy Technology* 12:195-209.
12. Nebel, R.L., Jobst, S.M., Dransfield, M.B.G., Pandolfi, S.M., Bailey, T.I. 1997. Use of a radiofrequency satellite communication system, Heat-Watch, to describe behavioral estrus in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 80 (suppl.1):151.
13. Nebel, R.L., Walker, W.L., McGiliard, M.I., Allen, C.H., Heckman, G.S. 1994. Timing of artificial insemination in dairy cows: Fixed time once daily versus morning and afternoon. *Journal of Dairy Science* 77:3195-3191.
14. Pursley, J.R., Mee, M.O., Wiltbank, M.C. 1995. Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF2a and GnRH. *Theriogenology* 44:915.
15. Pursley, J.R., Kosorok, M.W., Wilbank, M.C. 1997. Reproductive management of lactating dairy cows using synchronization of ovulation. *Journal of Dairy Science* 80:301-306.

16. Pursley, J.R., Silcox, R.W, Wiltbank, M.C. 1998. Effect of time of artificial insemination on pregnancy rates, calving rates, pregnancy loss and gender ratio after synchronization of ovulation in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 81:2139-2144.
17. Robbins, R.K., Sullivan, J.J., Pace, M.M., Elliot, F.L., Barlett, D.E., Press, P.J. 1978. Timing the insemination of beef cattle. *Theriogenology* 10:247-255.
18. Rotie, R.W. 1999. Effect of timing of artificial insemination on sex ratio. *Theriogenology* 52:1273-1280.
19. Saacke, R.G., Dalton, J.C., Nadir, S., Nebel, R.L., Bame, J.H. 2000. Relationship of seminal traits and insemination time to fertilization rate and embryo quality. *Animal Reproduction Science* 61:663-677.
20. Sartori, R., Haughian, J., Rosa, G.J.M., Shaver, R.I., Wiltbank, M.C. Differences between lactating cows and nulliparous heifers in follicular dynamics, luteal growth and serum steroid concentrations. *Journal of Dairy Science* 83:212.
21. Trimberger, G.W. 1943. Conception rate in dairy cattle by artificial insemination at various intervals before and after ovulation. *Journal of Dairy Science* 27:659.
22. Trimberger, G.W, Davis, P.H. 1943. Breeding efficiency in dairy cattle bred at various stages of estrus by artificial insemination. *Journal of Dairy Science* 26:757.
23. Vasconcelos, J.L.M., Silcox, R.W., Lacerda, J.A., Pursley, J.R., Wiltbank, M-C. 1997. Pregnancy rate, pregnancy loss and response to heat stress after AI at two different times from ovulation in dairy cows. *Biol. Reprod.* 56 (suppl. 1):140.
24. Wahome, J.N., Stuart, M.J., Smith, A.E., Hearne, W.R., Fuquay, J.W 1985. Insemination management for a one-injection PGF2a synchronization regimen. II.
25. Walker, W.L., Nebel, R.L., McGiliard, J.L. 1996. Time meters. *Journal of Dairy Science* 80:1098-1105. of ovulation relative to mounting activity in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 79:1555-1561.

Volver a: [Inseminación artificial](#)