

# CELO: BIOLOGÍA BÁSICA Y MEJORAMIENTO DE LA DETECCIÓN

Matthew C. Lucy\*. 2009. Taurus, Bs. As., 11(43):15-27.

\*Department of Animal Sciences, University of Missouri, Columbia 65211.

[lucym@missouri.edu](mailto:lucym@missouri.edu)

Conferencia dictada en el Curso de Postgrado de Manejo Reproductivo en Bovinos Lecheros, organizado por la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UNCPBA, 25 al 27 de marzo de 2009, Tandil, provincia de Buenos Aires.

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

Volver a: [Inseminación artificial](#)

## INTRODUCCIÓN

El énfasis puesto históricamente en la detección de celo ha disminuido en los últimos años como consecuencia del desarrollo de los programas de IATF. El empleo de estos programas se volvió una necesidad quizás como consecuencia de que la detección de celo se tornó más difícil en las vacas modernas de alta producción. Asimismo, las vacas lecheras de los megatambos (>1.000 vacas) son menos observadas en celo que aquellas de tambos tradicionales (60 a 100 vacas). La IATF es usada en forma efectiva para las primas inseminaciones y puede incluso ser empleada en segundas o terceras inseminaciones. Aún así, muchas vacas lecheras son inseminadas en base a los signos de celo, incluso en aquellos casos en que se usan programas de IATF. Por lo tanto, existe aún la necesidad de comprender las bases biológicas del celo y los métodos empleados para su detección.

Un estudio demostró que el costo de la IATF en comparación con las inseminaciones a celo detectado depende de la tasa de detección<sup>30</sup>. La IA a celo detectado fue más económica en aquellos rodeos con alta tasa de detección. Los avances tecnológicos en detección de celo que tengan lugar en el futuro podrían cambiar la forma en que las vacas serán inseminadas en los grandes rodeos, debido a las ventajas económicas de inseminar las vacas a celo detectado.

El celo es un tema que es frecuentemente revisado en la bibliografía científica internacional, por lo que se recomienda al lector consultar las excelentes revisiones escritas en los últimos 20 años (Tabla 1). Esta revisión intentará referirse a los principios básicos que son desarrollados más extensamente en la mencionada bibliografía.

**Tabla 1.** Revisión de la bibliografía de celo y sistemas utilizados en la detección de celo en ganado lechero.

REFERENCIA	TEMA DESARROLLADO
Hurnick (1987)	Comportamiento sexual en bovinos
Allrich (1994)	Control neuroendócrino del celo
Heersche y Nebel (1994)	Medición de la eficiencia y exactitud en la detección de celo
Senger (1994)	Requerimientos de las tecnologías de detección de celo
Nebel y col. (2000)	Sistemas electrónicos de detección de celo
Diskin y Sreenan (2000)	Comportamiento y detección de celo
Stevenson (2001)	Comportamiento y detección de celo
Rorie y col. (2002)	Sistemas electrónicos de detección de celo
Firk y col. (2002)	Sistemas electrónicos de detección de celo

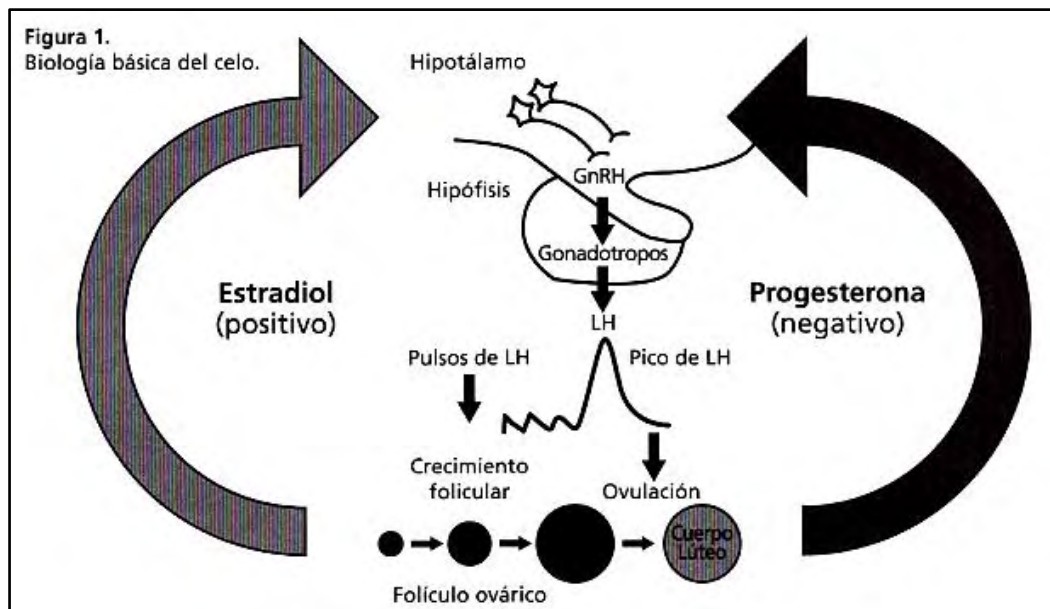
## FISIOLOGÍA BÁSICA

El celo es un comportamiento que es disparado por acción del estradiol sobre el cerebro. En realidad se conoce poco sobre la regulación nerviosa del celo en el bovino. Allrich estableció que los principios biológicos del celo definidos en los roedores no son aplicables al ganado.

## CONTROL HORMONAL DEL COMPORTAMIENTO DEL CELO Y DE LA OVULACIÓN

Las revisiones sobre el celo indican que dicho comportamiento se origina en el hipotálamo<sup>2,13</sup>, aunque no hay estudios específicos en el bovino que lo demuestren. El hipotálamo es una región de la base del cerebro que controla la secreción de LH y una variedad de otras hormonas hipofisarias.

La regresión del cuerpo lúteo y el desarrollo de un folículo preovulatorio permiten descender las concentraciones sanguíneas de progesterona y elevar las de estradiol, hormona que causa el celo (Figura 1).



Hay un acuerdo general que la progesterona debe ser basal para permitir la expresión del celo. Bajas cantidades circulantes de progesterona suprimen el celo y el pico de LH<sup>6</sup>. El aumento de estradiol a partir del folículo preovulatorio dispara los centros hipotalámicos que controlan el comportamiento del estro (monta, reflejo de pasividad, etc.) y los centros endócrinos del hipotálamo que controlan la liberación de GnRH, que a su vez libera LH. El pico de LH tiene lugar después de iniciado el celo (período en el cual la vaca es receptiva a la monta de otra vaca). El pico de LH inicia los mecanismos que llevan a la ovulación. El momento del celo en relación al pico de LH es importante debido a que la LH causa la diferenciación celular del folículo y un descenso en la concentración de estradiol. Si el pico de LH ocurriera antes del celo, el estradiol originado en el folículo podría disminuir antes de la expresión del estro. Las vacas continúan con la expresión de celo luego del pico de LH y están en celo por un período de 30 minutos a 30 horas. La ovulación ocurre aproximadamente 30 horas después del pico de LH. El momento de la ovulación está más relacionado con el momento del pico de LH que con el momento de la expresión de celo<sup>6</sup>.

### COMPORTAMIENTO DE CELO

Tradicionalmente se describió al celo como una respuesta del "todo o nada"<sup>2</sup>. Esto significa que una vez que el estradiol en sangre alcanza un umbral crítico, la vaca expresa el celo. El agregado de estradiol no necesariamente cambia o amplifica el comportamiento estroal. Si bien la respuesta del "todo o nada" está claramente establecida en la bibliografía, quizás deba ser reexaminada en las vacas lecheras modernas de alta producción. El nivel umbral de estradiol es diferente para vacas individuales. El comportamiento de celo es altamente variable entre individuos, manifestando un rango de 1 a 100 aceptaciones a la monta en un tiempo de celo que oscila entre 30 minutos a 30 horas. La naturaleza extremadamente variable del comportamiento del celo hace que sea muy difícil de estudiar científicamente debido al alto coeficiente de variación de las características analizadas (número de montas, etc.), que tornan dificultoso detectar diferencias estadísticas cuando se imponen distintos tratamientos.

El celo implica una serie de características de comportamiento que son expresadas por la vaca sola o al interactuar con otras compañeras del rodeo<sup>13</sup>. Las vacas que están por comenzar el celo (fase pre-receptiva), las vacas en celo (fase receptiva de aceptación a la monta) y las que han finalizado recientemente el celo (fase post-receptiva) forman el denominado grupo sexualmente activo (GSA). El comportamiento clásico y definitivo de celo es cuando la vaca permanece quieta al ser montada desde atrás por otra. Otras características de comportamiento preceden al celo, como montar a otras vacas, olfatear y ser olfateada el área urogenital, lamer y ser lamada dicha área, el reflejo de papada, etc. Incluso se ha desarrollado una escala de comportamiento de celo<sup>33</sup> (Tabla 2). La expresión de características de comportamiento durante las fases pre-receptiva y post-receptiva puede diferir ligeramente entre vacas primíparas y multíparas<sup>13</sup>. Las vacas son más activas al comienzo del celo. Las montas y el reflejo de pasividad decrecen de modo casi lineal<sup>13</sup>. Las vacas en celo son más activas debido a que no descansan (caminan más) e interactúan físicamente con otras.

**Tabla 2.** Sistema de calificación de comportamiento del celo propuesto por van Eerdenburg y col.<sup>(133)</sup>

SIGNO	PUNTAJE
Descarga vaginal mucosa	3
Frotamiento de cabeza y cuello	3
Inquietud	5
Olfateo de vagina de otras vacas	10
Reflejo de papada	15
Montar pero no aceptar la monta	10
Montar (o intentar) a otras vacas	35
Montar por la cabeza	45
Aceptar la monta	100

### a) Cuantificación del comportamiento de pasividad

Basado en los datos de Dransfield y col. 8 procedentes del análisis de 2.055 celos de 17 rodeos, la vaca lechera actual tiene un celo de 7,1 horas y es montada 8,5 veces. Alrededor del 25 % de los celos fueron clasificados como de "baja intensidad y corta duración", lo que significa que presentaron menos de 1,5 montas por hora durante menos de 7 horas. El porcentaje de vacas que inició las manifestaciones de celo en cada uno de los períodos de 6 horas del día (desde la medianoche hasta las 6 am; desde las 6 am hasta el mediodía, desde el mediodía hasta las 6 pm y desde las 6 pm hasta la medianoche) fue el mismo 8. Los hallazgos de Dransfield y col. 8 sobre el ritmo circadiano para el inicio del celo confirman los trabajos de otros autores y refutan la noción de que una mayor cantidad de vacas entra en celo durante la noche. López y col.<sup>15</sup> encontraron que las vacas de alta producción tenían celos más cortos (6,2 hs vs 10,9 hs) y menos eventos de pasividad (6,3 vs 8,8) comparadas con las vacas de menor producción.

Períodos de celo más prolongados fueron informados en dos estudios históricos de vacas lecheras hace 30 a 50 años (17,8 hs en Trimberger, 31,14 h en Esslemont y Bryant,<sup>9</sup>).

### b) Cuantificación de la actividad

La actividad puede ser medida mediante el uso de podómetros o collares<sup>17,23</sup>. Estos dispositivos son activados por el movimiento y pueden registrar la cantidad de movimientos de la vaca (pasos o movimiento de cuello). La actividad de la vaca en celo aumenta hasta 4 veces por encima de una línea basal cuando es medida a través de estos monitores. El valor umbral para el incremento de actividad puede ser utilizado para detectar vacas en celo<sup>10</sup>.

### c) Factores que afectan el comportamiento del celo

Existe una gran cantidad de factores ambientales y de manejo que pueden afectar la expresión del celo. Los más destacados incluyen las condiciones de alojamiento. Los clásicos estudios de Vailes y Britt<sup>32</sup> demostraron que las vacas prefieren las superficies naturales al piso de concreto para expresar el celo. El dolor de manos y patas disminuye la actividad y expresión del celo. El número de montas recibidas por vacas con laminitis disminuyó un 70 %<sup>28</sup>.

Otros factores importantes incluyen el estrés (inhibe la expresión del celo) y la temperatura ambiente (altas temperaturas inhiben la expresión del celo). El tamaño del GSA puede determinar la actividad de la vaca en celo. Hurnik<sup>13</sup> informó que el número de montas recibidas por una vaca aumentó 5 veces al pasar de 1 a 3 vacas en celo en forma simultánea. Por ello, la sincronización de los celos puede mejorar las tasas de detección debido a que una mayor cantidad de animales está en celo al mismo tiempo. Se han sugerido muchos otros factores inhibitorios como las tormentas de lluvia o nieve, vacas dominantes, pobre condiciones de los caminos y alimentación<sup>2</sup>. Las condiciones que distraen o asustan al ganado o aquellas que inhiben las interacciones sociales normales pueden reducir la expresión del celo. Es necesario recordar que para definir el celo debe registrarse la pasividad a la monta. Esto explica por qué los celos muchas veces son detectados cuando las vacas son movidas de lugar (momento en que se estimula la interacción).

## CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL CELO

El celo es iniciado por cambios hormonales que disparan el comportamiento estral e influyen sobre el tracto reproductivo y la biología del animal en su conjunto. El aumento de las concentraciones de estradiol durante la fase pre-receptiva lleva al enrojecimiento e inflamación de la vulva y a cambios en la cantidad y consistencia del mucus vaginal. Los cambios en la consistencia del mucus vaginal pueden ser medidos con sondas que registran la

resistencia eléctrica vaginal (baja durante el celo y antes de la ovulación; Senger, <sup>27</sup>. Las vacas en celo pueden tener un descenso en la producción láctea de ese día (quizás debido a una reducción en la ingesta y a una mayor actividad) y un aumento en la temperatura corporal y de la leche <sup>10</sup>. Los cambios hormonales de las vacas en celo incluyen un descenso en la concentración de progesterona que puede ser detectada en muestras de leche mediante test reactivos <sup>24</sup>.

### CONSIDERACIONES PARA EL MONITOREO DEL CELO Y OVULACIÓN EN VACAS LECHERAS

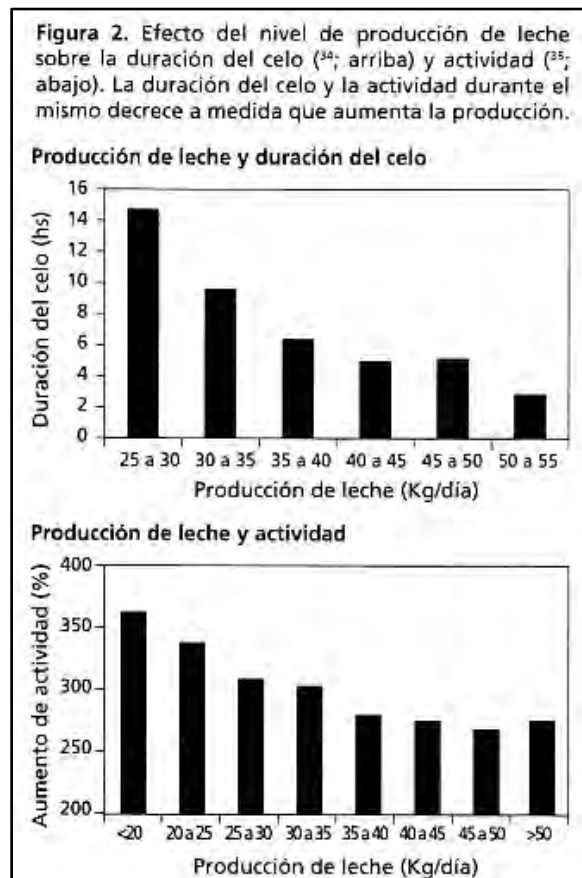
El manejo reproductivo de los rodeos lecheros está cambiando. La antigua recomendación de realizar dos períodos de detección diarios está desactualizada. La mayoría de la bibliografía sugiere que la vaca moderna de alta producción está en celo durante menos de 8 hs, con 1 o 2 eventos de aceptación a la monta por hora. Por lo tanto es necesario observar las vacas 3 o 4 veces por día. Asimismo, los tambos grandes tienen amplios galpones para alojar a las vacas, y una persona no puede observar un galpón entero al mismo tiempo. Las dificultades evidenciadas para la detección visual en grandes rodeos generaron dos reacciones. Una de ellas, el uso intensivo de IATF. La otra, el uso de métodos de detección que son útiles en megatambos. Esta última respuesta a través del empleo de métodos simples y eficientes, con tasas de error potencialmente elevadas (control de pintura o tiza una vez al día e inseminación en base a ella) o sistemas automatizados que son más costosos pero que pueden ser más precisos.

### DISTINCIÓN FISIOLÓGICA ENTRE CELO Y OVULACIÓN

El celo es utilizado para predecir el momento de la ovulación. En realidad lo que es necesario conocer es el momento del pico de LH, ya que la ovulación ocurre a un tiempo predecible luego de ella (aproximadamente 30 hs). Como no hay un método rápido para identificar el momento del pico de LH, el celo es empleado para predecir este momento. Este es el potencial de los programas de IATF. La inyección final de GnRH es dada para causar el pico de LH. Justamente no es necesario detectar celo porque el momento del pico de LH es conocido (inmediatamente después de la administración de GnRH) y las vacas pueden ser inseminadas en un tiempo prefijado luego de la inyección.

#### a) Restricciones a la expresión y detección del celo en vacas de alta producción

Dos estudios recientes demostraron que la duración y el aumento de la actividad del celo <sup>35</sup> disminuían con el aumento de la producción individual de leche (Figura 2). Estos estudios demostraron que el comportamiento de celo es más difícil de registrar en vacas lecheras de alta producción.



Es interesante notar que la actividad y la duración se reducían y que se registraban menos eventos de monta ". Por lo tanto, el efecto del nivel de producción sobre el comportamiento de celo afecta al menos dos métodos populares de detección (detectores de monta y monitores de actividad).

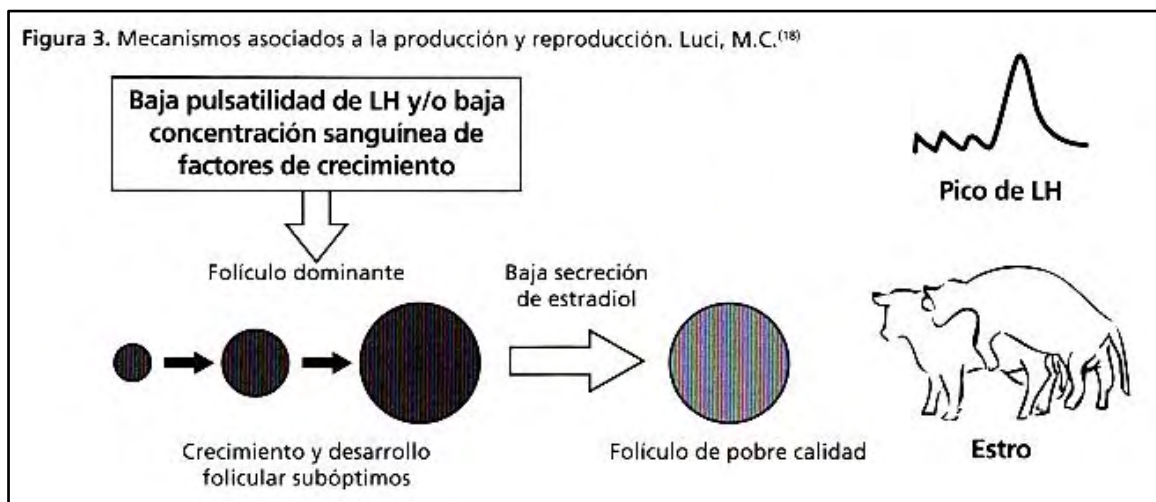
**b)Cuál es la base para la disminución de la expresión de celo en vacas de alta producción**

Las vacas de alta producción tienen celos más cortos y menos intensos. Hipotéticamente, el hipotálamo puede ser refractario al estradiol en este tipo de vacas. En otras palabras, el folículo preovulatorio no puede causar el celo debido a que el hipotálamo (centro del comportamiento del cerebro) no responde al estradiol. Vacas lecheras tratadas con estradiol cuando las concentraciones de progesterona son bajas amplifican los signos de celo. Esta respuesta fue demostrada por Borman y col. quienes duplicaron el porcentaje de vacas en celo mediante la administración de 1 mg de cipionato de estradiol (ECP) luego de la inyección de PGF2α. Cerri y col. <sup>5</sup> también detectaron más vacas en celo luego del tratamiento con ECP. Pancarci y col. <sup>21</sup> informaron que las vacas tratadas con ECP luego de la PGF2α estuvieron en celo por un promedio de 12,5 hs y recibieron en promedio 20,3 montas (muy por encima de los niveles reportados por Dransfield y col., <sup>8</sup>, para vacas lecheras modernas). El hecho de que la ECP pueda amplificar el comportamiento del celo es un argumento contrario a la refractariedad del hipotálamo. Un pequeño aumento en las concentraciones de estradiol causado por el tratamiento con ECP restablece el comportamiento de celo en vacas lecheras.

Si el hipotálamo no es refractario, la alternativa es que las concentraciones de estradiol sean demasiado bajas para causar el celo (Tabla 3). El trabajo de López y col. <sup>17</sup> sugiere que éste es el caso. Las vacas lecheras de alta producción tenían menores concentraciones sanguíneas de estradiol y una reducción en la expresión del celo. La correlación entre el estradiol en sangre y la duración del celo fue positiva. El elevado metabolismo de las vacas lecheras de alta producción puede comprometer el folículo <sup>18</sup> o puede llevar al rápido metabolismo del estradiol en sangre <sup>34</sup> (Figura 3). En este caso, la elevación de estradiol en sangre durante la fase pre-receptiva es demasiado baja para iniciar el período de celo.

**Tabla 3.** Diámetro folicular, estradiol en sangre y celo en vacas de alta y baja producción de leche (López y col.; <sup>16</sup>).

CARACTERÍSTICA	BAJA PROD.	ALTA PROD.	p<
Leche (Kg/día)	32,3	46,8	-
Diámetro del folículo (mm)	17,4	18,6	0,004
Estradiol (pg/ml)	8,6	6,8	0,01
Duración del celo (hs)	11,9	7,0	0,01
Aceptaciones a la monta (n)	9,8	6,5	0,01
Tiempo total de pasividad (seg)	28,4	20,0	0,03



**c) ¿Sigue la vaca lechera moderna el modelo del "todo o nada" en la expresión del celo?**

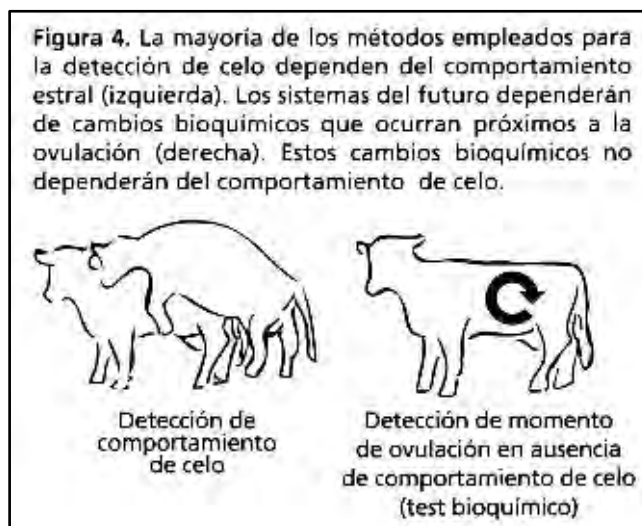
Los modelos tradicionales que explican la expresión de celo sugieren que el mismo responde a la "respuesta del todo o nada". En algunos aspectos, el celo es del todo o nada. Las vacas están o no en celo basado en la decisión de la persona responsable de la detección. Quizás la pregunta más importante es si el estradiol adicional puede incrementar la intensidad del celo. La respuesta parece ser "sí". Las vacas en celo pueden tener distintos niveles de comportamiento de celo y este comportamiento puede ser intensificado según el estatus hormonal de la vaca.



## OVULACIÓN SIN CELO

En vacas lecheras ocurren ovulaciones silenciosas (ovulaciones que no son precedidas por celo). El porcentaje de ovulaciones silenciosas varía en función del criterio usado para la expresión de celo.

Un estudio encontró que el celo fue solamente observado en el 53 % de vacas cíclicas<sup>19</sup>. Un porcentaje similar fue detectado con el HeatWatch (detector electrónico de monta) en otro estudio<sup>22</sup>. El hecho de que las vacas puedan tener ovulaciones silenciosas, nos indica que el umbral para el pico de LH dependiente de estradiol es menor que el umbral para el celo. Lammoglia y col.<sup>14</sup> observaron un umbral para el pico de LH dependiente de estradiol inferior al celo dependiente de estradiol cuando fueron tratadas vacas carniceras en el postparto con dosis crecientes de benzoato de estradiol. Si las vacas lecheras de alta producción están más predispuestas a presentar ovulaciones silenciosas, los esquemas que dependen de la detección serán menos eficientes. Los sistemas que predicen el momento de la ovulación basados en el estatus bioquímico de la vaca teóricamente serían más eficientes porque no dependen de los signos de celo (pasividad a la monta o aumento de la actividad) (Figura 4).



## SISTEMAS DE DETECCIÓN DEL CELO

Senger<sup>27</sup> propuso que el sistema ideal para la detección del celo debería incluir:

- 1) Supervisión continua de la vaca;
- 2) identificación automática y precisa;
- 3) funcionalidad durante toda la vida útil;
- 4) requerir mínimo trabajo y
- 5) ser preciso.

Una gran variedad de sistemas se han desarrollado en respuesta a los requerimientos propuestos por Senger<sup>7</sup>.

### a) Sistemas simples para identificar las vacas en celo

La tiza, pintura, detectores de monta y otros dispositivos sensores de presión no electrónicos trabajan sobre la base del mismo principio. La vaca que permanece quieta al ser montada recibe una presión sobre la base de la cola. El retiro de la marca (tiza o pintura) o la activación del dispositivo es la indicación del celo. Mientras que estos dispositivos son tradicionalmente reconocidos como "ayudas" a la detección de celo (por ej. complementando la observación visual), pueden reemplazar la observación visual en algunos sistemas. Por ejemplo, muchos rodeos grandes controlan la base de la cola una vez al día e inseminan las vacas despintadas. En los términos de Senger<sup>27</sup>, estos dispositivos permiten el control continuo y requieren mínimo trabajo. No pueden funcionar toda la vida útil de la vaca y su precisión puede ser baja si se utilizan solos (sin información adicional de la vaca). Se ha desarrollado una cámara y un software para leer un dispositivo no electrónico que es activado por la monta en la base de la cola<sup>1</sup>.

### b) Sistemas electrónicos para identificación de pasividad a la monta

El sistema HeatWatch y otros, que registran electrónicamente el número y el tiempo de los eventos de pasividad a la monta, han sido utilizados en los rodeos lecheros durante años. Estos sistemas van más allá de los mencionados más arriba porque registran el número y duración de las montas. El sistema HeatWatch consiste en un transmisor colocado en la base de la cola que transmite la información a una computadora. En los términos de Senger<sup>27</sup> estos sistemas permiten la supervisión continua de la vaca y pueden identificar con precisión las vacas en celo. Estos dispositivos que son aplicados a las vacas deben ser controlados para asegurar que permanezcan en

su lugar. Los dispositivos que no transmiten a una computadora central deben ser examinados diariamente para determinar qué vacas están en celo. La limitación más frecuentemente citada es el costo y el trabajo requerido para manejar el sistema.

### **c ) Sistemas electrónicos que miden actividad**

Los monitores de actividad (tanto podómetros como collares) pueden ser usados para detectar celo en los tambos. Es necesario fijar un valor umbral y las vacas cuya actividad está por encima del umbral de actividad son consideradas en celo. Aumentan los falsos positivos cuando el umbral es demasiado bajo y se incrementan los falsos negativos cuando es demasiado alto. La limitante principal que debe ser resuelta para este sistema es el alto número de falsos positivos<sup>10</sup>. En los términos de Senger<sup>27</sup>, los monitores de actividad ofrecen una supervisión continua de las vacas, permiten identificar en forma automática a las vacas en celo, pueden funcionar toda la vida útil y requieren un mínimo trabajo. Como fue comentado anteriormente, la elevada tasa de falsos positivos es la principal limitante del sistema. El uso de algoritmos informáticos puede resolver algunos de los problemas de exactitud.

## **COMPARACIÓN CON OBSERVACIÓN VISUAL**

Dos estudios demostraron que el sistema HeatWatch y los monitores de actividad fueron superiores a la simple observación visual de las vacas en celo<sup>22</sup>. Ambos estudios sugirieron que el HeatWatch y los monitores de actividad fueron similares en términos de eficiencia de detección de celo. Peralta y col.<sup>22</sup> mostraron que la eficiencia de la detección fue superior cuando se combinaron los datos de HeatWatch, monitores de actividad y observación visual. La integración de información procedente de distintos sistemas parece ser el mejor método de predicción de celo.

## **MEDICIONES BIOQUÍMICAS PARA PREDECIR EL MOMENTO DE LA OVULACIÓN**

La menor intensidad de los celos de las vacas de alta producción ha generado la idea de desarrollar métodos bioquímicos que permitan detectar el momento de la ovulación o el pico de LH. Los test de progesterona en leche pueden ser usados para confirmar los signos de celo pero son poco útiles a la hora de detectar vacas en celo cuando no se conoce nada más. Los sistemas que miden la conductividad eléctrica de la mucosa vaginal requieren demasiado trabajo para tambos grandes. Los cambios en la producción de leche, temperatura de la leche o temperatura corporal no parecen tener la sensibilidad necesaria para detectar vacas en celo.

Durante años se propuso la posibilidad de utilizar biosensores para medir las concentraciones de progesterona en leche en tiempo real, pero esta tecnología aún no ha sido comercializada<sup>11</sup>. Se producen cambios en la concentración de estradiol en leche en relación al celo, pero parece haber una variación individual muy grande que necesita ser superada<sup>15</sup>. Es posible medir el pico de LH en sangre pero no hay disponible un método no invasivo y rutinario. Por lo tanto, es necesario continuar trabajando sobre métodos bioquímicos de detección del momento de la ovulación en vacas lecheras. La evolución de estos métodos podría cambiar drásticamente la manera en que las vacas son manejadas reproductivamente en los rodeos lecheros.

## **CONCLUSIONES**

El celo es un comportamiento que es utilizado para definir el momento de la inseminación en vacas lecheras. La intensidad del comportamiento estral se redujo en los últimos años consecuencia de la alta producción en vacas lecheras. La mayoría de los sistemas empleados para la detección se basan en cambios de comportamiento de las vacas, por lo que se tornan menos eficientes en las vacas modernas de alta producción. La mayor adopción de programas de IATF parece ser generada por este problema. Los sistemas del futuro que permitan predecir la ovulación basados en cambios bioquímicos revolucionarían el manejo reproductivo. Lamentablemente estos sistemas no están aún disponibles.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Alawneh, J. I., N. B. Williamson, and D. Bailey. 2006. Comparison of a camera software system and typical farm management for detecting oestrus in dairy cattle at pasture. *N Z Vet J* 54:73.77.
2. Allrich, R. D. 1994. Endocrine and neural control of estrus in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77:2738-2744.
3. At-Taras, E. E., and S. L. Spahr. 2001. Detection and characterization of estrus in dairy cattle with an electronic heatmount detector and an electronic activity tag. *J. Dairy Sci.* 84:792.798.
4. Borman, J. M., R. E Radcliff, B. L. McCormack, E N. Kojima, D. J. Patterson, K. L. Macmillan, and M.C. Lucy. 2003. Synchronisation of oestrus in dairy cows using prostaglandin F2alpha, gonadotrophin-releasing hormone, and oestradiol cypionate. *Anim. Reprod. Sci* 76:163.176.
5. Cerri, R. L., J. E. Santos, S. O. Juchem, K. N. Galvao and R. C. Chebel. 2004. Timed artificial insemination with estradiol cypionate or insemination at estrus in high-producing dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87:3704.3715.

6. Davidge, S. T., J. L. Wiebold, E. L. Senger, and J. K. Hillers. 1987. Influence of varying levels of blood progesterone upon estrous behavior in cattle. *J. Anim. Sci.* 64:126-132.
7. Diskin, M. G., and J. M. Sreenan. 2000. Expression and detection of oestrus in canje. *Reprod. Nutr. Dev.* 40:481-491.
8. Dransfield, M. B., R. L. Nebel, R. E. Pearson, and L. D. Warnick. 1998. Timing of insemination for dairy cows identified in estrus by a radiotelemetric estrus detection system. *J. Dairy Sci.* 81:1874-1882.
9. Esslemont, R. J., and M. J. Bryant. 1976. Oestrous behaviour in a herd of dairy cows. *Vet Rec.* 99:472-475.
10. Firk, R., E. Stamer, W. Funke, and J. Krieter. 2002. Automation of oestrus detection in dairy cows: a review. *Livestock Prod. Sci.* 75:219-232.
11. Gillis, E. H., I. Traynor, J. E. Gosling, and M. Kane. 2006. Improvements to a surface Plasmon resonance-based immunoassay for the steroid hormone progesterone. *J. AOAC Int.* 89:838-842.
12. Heersche, G., Jr. and R. L. Nebel. 1994. Measuring efficiency and accuracy of detection of estrus. *J. Dairy Sci.*
13. Hurnik, J. F. 1987. Sexual behavior of female domestic mammals. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 3:423-461.
14. Lammoglia, M. A., R. E. Short, S. E. Bellows, R. A. Bellows, M. D. MacNeil, and H. D. Hafs. 1998. Induced and synchronized estrus in cattle: dose titration of estradiol benzoate in periparturient heifers and postpartum cows after treatment with an intravaginal progesterone-releasing insert and prostaglandin F2?. *J. Anim. Sci.* 76:1662-1670.
15. Lopez, H., T. D. Bunch, and M. P. Shipka. 2002. Estrogen concentrations in milk at estrus and ovulation in dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* 72:37-46.
16. Lopez, H., L. D. Satter, and M. C. Wiltbank. 2004. Relationship between level of milk production and estrous behavior of lactating dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* 81:209-223.
17. Lopez-Gatiús, E., P. Santolaria, I. Mundet and J. Yaniz 2005. Walking activity at estrus and subsequent fertility in dairy cows. *Theriogenology* 63:1419-1429.
18. Lucy, M. C. 2003. Mechanisms linking nutrition and reproduction in postpartum cows. *Reprod. Suppl.* 61:415-427.
19. Lyimo, Z. C., M. Nielen, W. Ouweltjes, T. A. Kruij, and E. J. van Eerdenburg. 2000. Relationship among estradiol, cortisol and intensity of estrous behavior in dairy cattle. *Theriogenology* 53:1783-1795.
20. Nebel, R. L., M. G. Dransfield, S. M. Jobst and J. H. Bame. 2000. Automated electronic systems for the detection of oestrus and timing of AI in cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 60-61:713-723.
21. Pancarci, S. M., E. R. Jordan, C. A. Risco, M. J. Schouten, E. L. Lopes, E. Moreira, and W. W. Thatcher. 2002. Use of estradiol cypionate in a presynchronized timed artificial insemination program for lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 85:122-131.
22. Peralta, O. A., R. E. Pearson, and R. L. Nebel. 2005. Comparison of three estrus detection systems during summer in a large commercial dairy herd. *Anim. Reprod. Sci.* 87:59-72.
23. Roelofs, J. B., E. J. van Eerdenburg, N. M. Soede, and B. Kemp 2005. Pedometer readings for estrous detection and as predictor for time of ovulation in dairy cattle. *Theriogenology* 64:1690-1703.
24. Roelofs, J. B., E. J. Van Eerdenburg, W. Hazeleger, N. M. Soede. and B. Kemp. 2006. Relationship between progesterone concentrations in milk and blood and time of ovulation in dairy cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 91:337-343.
25. Rorie, R. W., T. R. Bilby, and T. D. Lester. 2002. Application of electronic estrus detection technologies to reproductive management of cattle. *Theriogenology* 57:137-148.
26. Saumande, J., and P. Humblot. 2005. The variability in the interval between estrus and ovulation in cattle and its determinant. *Anim. Reprod. Sci.* 85:171-182.
27. Senger, P. L. 1994. The estrus detection problem: new concepts, technologies, and possibilities. *J. Dairy Sci.* 77:2745-2753.
28. Sood, P., and A. S. Nanda. 2006. Effect of lameness on estrous behavior in crossbred cows. *Theriogenology* 66:1375-1380.
29. Stevenson, J. S. 2001. A review of oestrous behavior and detection in dairy cows. *BSAS Occasional Publication No. 26* (Volume 1) pages 43-62.
30. Tenhagen, B. A., M. Drillich, R. Surholt and W. Heuwieser 2004. Comparison of timed AI after synchronized ovulation to AI at estrus: reproductive and economic considerations. *J. Dairy Sci.* 87:85-94.
31. Trimmer, G. W. 1948. Breeding efficiency in dairy cattle from artificial insemination at various intervals before and after ovulation. *Res. Bull. Neb. Ag. Exp. Stat.* 153 (26 pages).
32. Vailes, L. D. and J. H. Britt. 1990. Influence of footing surface on mounting and other sexual behaviors of estrual Holstein cows. *J. Anim. Sci.* 68:2333-2339.
33. Van Eerdenburg, E. J. C. M., H. S. H. Loeffler, and J. H. van Vliet. 1996. Detection of estrus in dairy cows: a new approach to an old problem. *Ver. Quart.* 18:52-54.
34. Wiltbank, M., H. Lopez, R. Sartori, S. Sangsritavong, and A. Gumen. 2006. Changes in reproductive physiology of lactating dairy cows due to elevated steroid metabolism. *Theriogenology* 65:17-29.
35. Yaniz, J. L., P. Santolaria, A. Giribet, and E. Lopez-Gatiús. 2006. Factors affecting walking activity at estrus during postpartum period and subsequent fertility in dairy cows. *Theriogenology* 66:1943-1950.

Volver a: [Inseminación artificial](#)