

HACIA EL MANEJO REPRODUCTIVO FISIOLÓGICO DE LA VACA MESTIZA *

Ramírez Iglesia, Lílido Nelson.

Laboratorio de Investigación en Fisiología e Inmunología (LIFI). Universidad de Los Andes-Trujillo.

Email: lilidor@ula.ve

RESUMEN

Se hace una revisión acerca de las características de la fisiología reproductiva del ganado mestizo doble propósito (DP), las relaciones de los signos y síntomas del celo con la fertilidad, las principales técnicas para detectar el celo y se discute la propuesta de un manejo reproductivo fisiológico de La vaca DP.

Palabras clave: doble propósito, ganado, trópico, celo, fisiología, reproducción.

INTRODUCCIÓN

La ganadería mestiza de doble propósito (DP), acumula más del 50% del rebaño nacional de bovinos, animales mestizos productos de cruce alterno entre razas criollas y otras razas de origen *Bos taurus* y *Bos indicus*. Tipo de ganadería desarrollada con el objetivo de superar aquellas condiciones ambientales desfavorables, incrementar la producción lechera y cárnica, mejorar el resultado económico de la finca, asegurar la sostenibilidad del sistema y contribuir a la soberanía agroalimentaria nacional.

Bajo la visión del sistema de manejo tradicional (SMT), se agrupan aquellas fincas con dos ordeños diarios, manuales, con apoyo y amamantamiento de la cría, alimentación a pastoreo, suministro de sal, sin o con mínima suplementación alimenticia y, el sistema de manejo mejorado (SMM) con dos ordeños mecanizados, con o sin apoyo de la cría, y diversos grados de suplementación de acuerdo a la producción láctea. Ambos sistemas aplican programas reproductivos bajo la técnica de la inseminación artificial (IA) siguiendo la regla AM/PM y monta natural en explotaciones pequeñas y medianas del SMT.

La trilogía que afecta la eficiencia reproductiva de las vacas mestizas es: 1. anestro posparto, 2. deficiente

detección de celos y 3. bajas tasas de preñez y fertilidad. (González-Stagnaro, 1992, 2002; Soto-Belloso y Portillo, 1992; Ramírez-Iglesia *et al.*, 2007). Ante estos problemas, el uso de tratamientos hormonales para inducir el celo y/o mejorar la fertilidad no han sido superiores a los de la respuesta natural de la vaca mestiza (Hernández *et al.*, 1995). Los protocolos hormonales que resultan costosos, deben supeditarse a la aplicación de planes de alimentación adecuados al nivel de producción y a las relaciones nutrición y fertilidad (Robinson *et al.*, 2006), además de atender adecuadamente la salud y sanidad del rebaño (Soto-Belloso, 2001).

El conocimiento y la utilización fisiológicas de adaptabilidad y de los ritmos biológicos de la vaca mestiza, proporcionando un ambiente confortable y un manejo sincronizado al ritmo del ordeño y la alimentación, pueden ser guía para un manejo reproductivo fisiológico en el modelo de ganadería de doble propósito (DP) en el trópico.

BASES PARA EL MANEJO REPRODUCTIVO FISIOLÓGICO

Involución Uterina. Para que una nueva preñez se instale, se requiere una completa involución del útero. Cualquier factor que altere este proceso fisiológico atrasará el reinicio de la ciclicidad posparto, la aparición del primer celo y disminuirá la fertilidad. La vaca mestiza ha mostrado una ventajosa y temprana involución uterina a los 22 a 24 días posparto (Ramírez-Iglesia *et al.*, 1992; 1996b).

Anestro Posparto e intervalo parto-primer celo posparto. Luego del parto, la vaca debe reacondicionar su estado fisiológico, nutricional y endocrino de manera

que le permita mantener la producción láctea, reiniciar la actividad ovárica, expresar el primer celo posparto ovulatorio (PCP) y reanudar la ciclicidad estral cada 21 días, aproximadamente. Este evento fisiológico depende de las concentraciones circulantes de estrógenos (17β -estradiol) capaces de inducir una conducta sexual típica, estimular la unidad funcional hipotálamo-hipófisis y la secreción de las hormonas folículoestimulante (FSH) y luteinizante (LH), con la consecuente maduración y ovulación del folículo ovárico.

La extensión fisiológica normal del intervalo parto-primer celo (PCP) puede variar en los sistemas lecheros especializados y entre los SMM y SMT en las ganaderías DP pero se ha establecido que no debe ser mayor de 60 días pp, aunque este período se extiende hasta el inicio de la estación de monta en sistemas estacionales. No obstante, este criterio es relativo en SMT, donde apenas, uno de cada ocho animales ha entrado en celo, cuatro de cada cinco vacas (González-Stagnaro *et al.*, 1988). En ganaderías de leche y carne, la aparición del PCP dentro de 60 días señalados se ha registrado en el 11%-38% y el 13%-48% de las vacas, respectivamente (Rhodes *et al.*, 2003).

Para los SMT y SMM en ganaderías doble propósito, el PCP presenta a los 54 ± 17 y 56 ± 32 días posparto, abarcando esas medias entre el 31% al 39,5% de las vacas paridas (Ramírez *et al.*, 1996; Benezra, 2001), porcentajes estos que no se alejan de otras realidades ganaderas en distintas regiones y climas. El objetivo ideal de un becerro por año, determina que el PCP no debe superar los 90 días, límite dentro del cual se puede encontrar el 73% del rebaño mestizo (Ramírez-Iglesia *et al.*, 1996a).

Las vacas que no han entrado en celo dentro de los primeros 45-60 días posparto no se consideran en anestro. El anestro posparto (APP), señala la tasa de animales que no han entrado en celo luego de transcurridos 60 días posparto, cualquiera que sea el sistema de producción y el tipo de animal. Su proporción se calcula sobre los animales paridos en un determinado periodo.

Conociendo la duración del intervalo entre el parto y el primer celo posparto (PCP), se puede restar el lapso señalado de 60 días posparto (en algunos casos conocido como PRV, periodo de reposo voluntario) y calcular la duración del anestro. Por ejemplo, un una vaca con un PCP de 148 días tendría un anestro de 88 días ($148-60$); para cualquier animal que no ha entrado en celo, el anestro se calcula restando 60 al tiempo entre el parto y el día actual. Ahora calculamos cuantos de los animales paridos pasaron los 60 días sin mostrar celo; por ejemplo, en el mes de enero parieron 30 vacas y solo 10 habían entrado en celo 60 días después; ello significa una tasa de anestro de 67%.

La duración y el porcentaje de vacas mestizas en APP son variables y dependientes de factores nutricionales, estacionales, sanitarios, genéticos, de la paridad, del sistema de manejo, la ubicación y desarrollo tecnológico de la explotación. La información publicada sugiere que, la vigilancia de esos factores permitirá la óptima manifestación de la habilidad reproductora de la vaca mestiza en el trópico.

Ovulación Posparto. Para el restablecimiento de su aptitud reproductiva, la vaca debe superar un periodo de quince a treinta días ó más, de bloqueo del eje funcional hipotálamo-hipófisis-ovarios, el cual se caracteriza por una inhibición de la frecuencia de secreción de los pulsos

de liberación de LH, con baja concentración sanguínea y anovulación del folículo ovárico dominante.

De acuerdo a su origen, la anovulación posparto ha sido clasificada en tres categorías (Rhodes *et al.*, 2003): 1. Una deficiente alimentación con ovarios lisos, con crecimiento folicular <8mm, conduce a una ausencia de conducta sexual y de la secreción pulsátil de la LH, es el denominado anestro orgánico o nutricional; 2. El amamantamiento en las ganaderías de carne, el amamantamiento restringido y la presencia del becerro en la DP (Montiel y Ahuja, 2005), genera una interacción vaca-cría mediante la comunicación auditiva, visual, olfatoria y de contacto que, independientemente, de la producción lechera, induce a que el folículo dominante no alcance el tamaño ni la producción adecuada de estrógenos. Por esas razones, se mantiene un bloqueo sobre el hipotálamo, interfiriendo la liberación de la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH), lo que ocasiona que la hipófisis descargue una significativa baja frecuencia de la secreción pulsátil de LH que impide la ovulación del folículo (anovulación) o que desencadena una ovulación silenciosa, con períodos variables de elevados niveles de progesterona circulante.

En la vaca mestiza posparto en sistemas mejorados. Una serie de hallazgos son indicadores de un temprano reinicio de la actividad ovárica y de celos óptimos para la fecundación. Se ha detectado, una temprana actividad ovárica con ovulaciones silenciosas a los 42±27 dpp en un 50,8% de vacas ordeñadas sin el apoyo del becerro; además, concentraciones elevadas de progesterona circulante se ha presentado entre los 37 y 59 dpp, en 50% a 70% de las vacas, períodos progestacionales de variable duración de los cuales 13,3% corresponden al diestro normal de un ciclo estral. También se ha reportado que el 89% de los primeros celos posparto son de naturaleza ovulatoria (Ramírez-Iglesia *et al.*, 1992, 1996a, González-Stagnaro, 1992). Ese temprano, silencioso o no detectado reinicio de la actividad ovárica posparto, también constituye cualidades ventajosas de la fisiología reproductiva de la vaca DP.

El anestro, la anovulación posparto y las ovulaciones silenciosas atribuibles a las deficiencias nutricionales antes o después del parto y/o a la interacción vaca-becerro, constituyen los dos factores de riesgo más importantes (Montiel y Ahuja, 2005), a considerar para el control y manejo fisiológico de la reproducción en la



Fotos: Br. Eivar Linares

vaca mestiza. El factor nutricional es de primer orden en su consideración, ya que el ordeño con apoyo y/o la presencia del becerro se torna casi inevitable.

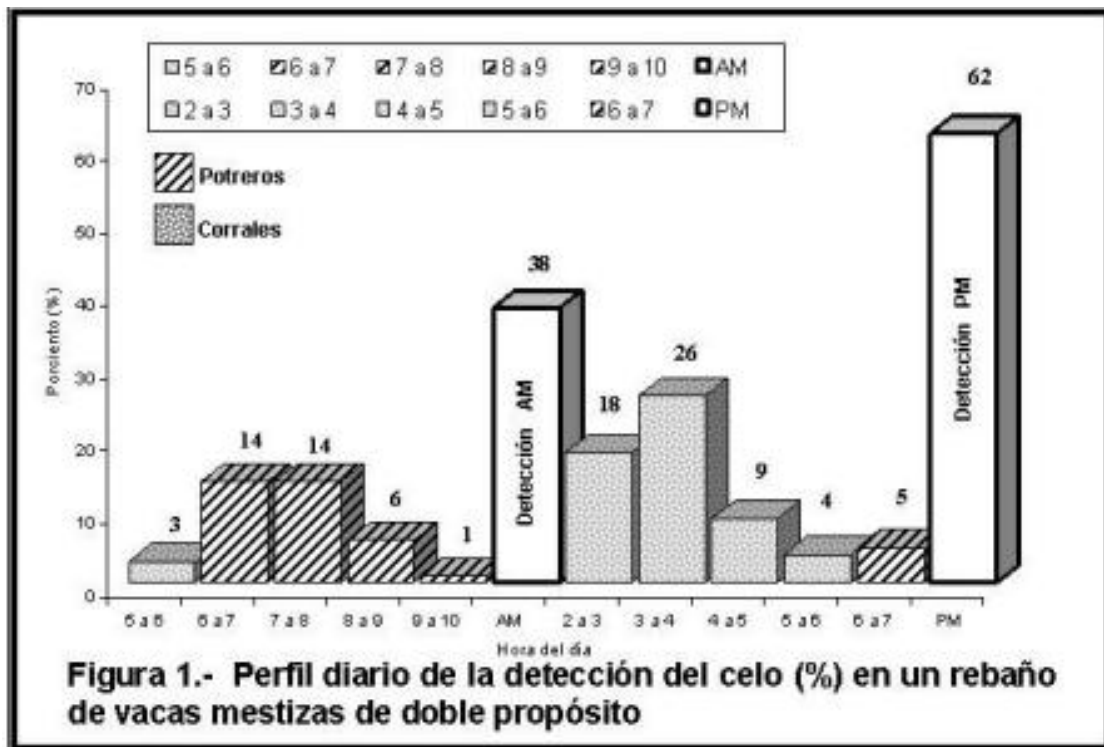
Conducta Sexual de la Vaca Mestiza. Durante el celo, la vaca mestiza manifiesta una serie de signos y síntomas conductuales que conducen al apareamiento (Ramírez-Iglesia, 2005).

En las condiciones de manejo reproductivo en los rebaños DP bajo IA, las vacas en ordeño son conducidas dos veces al día desde los potreros a los corrales de espera y a las salas de ordeño; luego del ordeño de la mañana salen a pastorear, regresando para el ordeño de la tarde, luego del cual permanecen en los corrales. En los corrales de espera y alimentación y en los potreros se realiza la observación visual (OV) del celo. Para mejorar la eficiencia de esta técnica, en algunos rebaños, las vacas son acompañadas por toros receladores especialmente acondicionados para evitar la cópula. En la

práctica, se define como vaca sujeta de inseminación, aquella que acepta quieta la monta de un toro o de sus compañeras.

Un perfil horario de la expresión del celo ha sido reportado (Ramírez-Iglesia *et al.*, 2006a). Según ese perfil, el 38% de los celos se detectaron en la mañana y el 62% en la tarde; la distribución del inicio del celo por horas del día fue: 3, 14, 14, 6 y 1% desde las 5.00am en forma consecutiva hasta las 10 am. La mayor tasa de detección ocurrió entre las seis y las ocho a.m. (34%). En horas de tarde, esos valores fueron 18, 26, 9, 4 y 5% para cada hora, desde las 2:00pm a las 7:00pm. La mayor manifestación se observó entre las dos y las cinco de la tarde (53%), coincidiendo con su permanencia en los corrales (Figura 1).

En la Figura 1 se evidencia la importancia de la detección a nivel de potreros, cuando la OV a este nivel normalmente no está incorporada en las rutinas de las fincas. Los principales signos del celo se presentan en el



Cuadro 1 (Ramírez-Iglesia *et al.*, 2002). Estos indicadores se manifiestan tanto en la interacción heterosexual (toro-vaca) como homosexual (vaca-vaca) y perfilan una característica fisiológica de interés para el manejo reproductivo de estos rebaños.

Es destacable el porcentaje (11,7%) de depilaciones y excoriaciones observadas en la grupa, caderas y base de la cola, las cuales pueden considerarse como un "marcaje

natural" de la vaca que aceptó la monta durante las horas que permanecieron en los potreros, horas durante las cuales no se detecta el celo en forma habitual en estas ganaderías.

Igualmente, es interesante la formación de parejas y grupos sexuales activos heterosexuales y homosexuales, de variable duración e intensidad de montas, los cuales son fácilmente detectables tanto en corrales como en los

Cuadro 1.- FRECUENCIA (%) DE LOS PRINCIPALES SIGNOS Y SÍNTOMAS DEL CELO SEGÚN TIPO DE INTERACCIÓN SEXUAL (HETEROSEXUAL Y HOMOSEXUAL) EN VACAS MESTIZAS DE DOBLE PROPÓSITO EN EL TRÓPICO

Signos y síntomas del celo	Total (%)	Tipo Interacción	
		Heterosexual	Homosexual
		Toro - Vaca	Vaca - Vaca
Conductuales			
Sin contacto físico			
Seguimiento	53,0	++++	+++
Actividad incrementada	6,1	++	++
Caminar alrededor o círculo	7,5	+	++
Olfateos	29,9	+++	+++
Flehmen	12,5	+++	+
Bramidos	0,4	-	-
Con contacto físico			
Aceptación de la Monta	100	++++	++++
Intento de montas	58,7	++++	++++
Apoyar cabeza en grupa	13,6	++	++
Topeteos	20,5	++	++
Lamidos	9,8	+++	+
Embestidas	0,4	+	-
Físicos			
Descarga de Mucus	29,5	-	-
Vulva Roja	28,4	-	-
Depilaciones, Excoriaciones en base de la cola	11,7	-	-
Fisiológicos			
Micción Frecuente	0,8	-	-

Fuente: Ramírez-Iglesia, *et al.*, 2002.

potreros (Ramírez-Iglesia *et al.*, 2006a), así como, un apreciable porcentaje de 30% del signo patognomónico de celo detectado solamente a nivel de los potreros (Ramírez-Iglesia *et al.*, 2007). Estos, constituyen indicadores fisiológicos conductuales que se deben considerar para mejorar la detección de celos.

Aún falta mucho por conocer acerca de la conducta sexual, el ciclo estral y otros aspectos fisiológicos de los bovinos mestizos y tropicales (Galina y Orihuela, 2007), por lo cual, debe persistir la investigación que afiance la OV de los signos y síntomas del comportamiento sexual, como base para identificar a la vaca en celo, sujeto de inseminación.

Fertilidad en la Vaca Mestiza. La fertilidad es un parámetro reproductivo dependiente de factores genéticos y ambientales, y entre estos, el manejo y la

influencia del hombre. Al hombre le corresponden una serie de tareas relacionadas con el servicio que no necesariamente las cumple con cabalidad. Existen una serie de reportes, que señalan como rangos promedios de fertilidad al primer servicio entre 51,9% al 61,2% (Soto Belloso *et al.*, 1997), entre 39,4% y 56,4% al primer servicio realizado entre los 30 y los 90 dpp (González-Stagnaro, 1995), mientras que Atencio *et al.* (1995), los ubicaron entre 36,8% y 64,9%. Estos valores sugieren una aceptable tasa de fertilidad, por lo cual, se torna razonable poner el acento en la adecuada detección del PCP, respetar el ritmo fisiológico estrual de la vaca mestiza e implementar el servicio en este celo.

Factores Asociados al Celos que Afectan la Fertilidad.

En el Cuadro 2, adaptado de Ramírez-Iglesia *et al.* (2007), se presentan algunos de los factores asociados

Cuadro 2.-FERTILIDAD AL PRIMER SERVICIO POSPARTO Y SU RELACIÓN CON FACTORES ASOCIADOS AL CELO, TIPO Y LUGAR DE MONTA Y PERÍODO POSPARTO EN VACAS MESTIZAS DE DOBLE PROPÓSITO	
Factores	Fertilidad (%)
Volumen Celular Aglomerado ≤28	33
Volumen Celular Aglomerado >28	67 ^{FS}
Color mucosa vulva, Roja	72 ^{FV}
Color mucosa vulva, Rosada o pálida	60
Moco cervical transparente fluido	61 ^{FV}
Moco cervical escaso, ausente	53
Monta Heterosexual	55 ^{FNS}
Monta Homosexual	56
Lugar de la monta: Corral	56
Lugar de la monta Potreros	67 ^{FV}
Ambos*	36
Días posparto ≤ 100	61 ^{FV}
Días posparto > 100	55
FS= Factor significativo FV=Factor Ventajoso, FNS= Factor no significativo. *= se refiere a vacas fueron observadas en celo tanto en el potrero como en el corral	
Fuente: Ramírez-Iglesia, <i>et al.</i> , 2007.	

con el celo y su relación con la fertilidad. El registro de esos factores, el control pre y posparto de la condición corporal y el seguimiento del estado de salud, pueden contribuir en el corto a mediano plazo a un mejor diagnóstico del momento óptimo para realizar el servicio y lograr superar las actuales tasas de fertilidad.

Factores Asociados a la Inseminación Artificial que Afectan la Fertilidad.

La fertilidad de la vaca mestiza se ha relacionado al número de servicios por concepción (S/C), se han publicado valores extremos que van de 1,62 a 2,12 S/C en los SMT y extremos de 1,77 a 2,06 S/C en los SMM (González-Stagnaro *et al.*, 2002); guarismos estos, que son indicadores de una aceptable fertilidad por servicio (González-Stagnaro, 2002). Otros factores relacionados con la aplicación de la regla AM/PM y el genotipo del semen y de la vaca se presentan en el Cuadro 3.

En el Cuadro 3 se observa que por efecto de la aplicación de la Regla AM/PM, a los celos detectados AM corresponde una mayor fertilidad PM, pero que, por la rutina de horario de inseminación impuesta, la inseminación AM solo se realiza sobre hembras con más de doce horas de detectadas en celo, por lo cual, se pierde la fertilidad mayor reportada para animales inseminados más temprano desde el inicio del celo (Rodríguez-Hernández, 2001).

El Cuadro 3 también muestra una apreciable diferencia significativa en la superior fertilidad de las vacas que con predominancia racial *indicus* fueron inseminadas con semen proveniente de toros *B. taurus* y, una inferior fertilidad en vacas con predominancia *taurus* que fueron inseminadas con semen de origen *B. indicus*. Esta información puede ser considerada y más ampliamente investigada en los programas de cruzamiento alternativo

Cuadro 3.- FERTILIDAD Y SU RELACIÓN CON LA REGLA AM/ PM, EL INTERVALO CELO-INSEMINACIÓN Y EL GENOTIPO DEL SEMEN UTILIZADO

Factores	Fertilidad (%)
Detección del celo: AM*	62,75 ^{FS}
PM	44,78
Hora Inseminación : AM	44,78
PM	62,75 ^{FS}
Número de servicios por preñez: 1	56,63
>1	42,86
Intervalo Celo-inseminación AM ≤12 horas (P<0,08)	No hubo inseminaciones
>12 horas	47,62
Intervalo Celo-Inseminación PM ≤12 horas	62,16 ^{FV}
PM >12 horas	64,29
Genotipo del semen <i>B. indicus</i> *	45,78
Genotipo del semen <i>B. taurus</i>	68,57 ^{FS}
Total	52,54

Fuente: Datos propios FS= Factor significativo FS=Factor ventajoso

rutinarios de la ganadería mestiza DP.

Afecciones Reproductivas. Las afecciones tanto clínicas como infecciosas del aparato reproductor de la vaca, afectan la salud y la involución del útero y con ello la eficiencia reproductiva del rebaño. Para estos sistemas de DP, se ha informado de bajas tasas de distocias, metritis, infecciones uterinas, afecciones metabólicas al parto y puerperio, quistes ováricos, problemas pódales y tasas de muerte embrionaria precoz de 7,3% (Soto-Belloso y Portillo, 1992). Se han señalado 13,9% de alteraciones uterinas clínicas posparto y mastitis clínica del 1,4% (Ramírez Iglesia *et al.*, 1996b), con bajas tasas de eliminación por problemas reproductivos y niveles aceptables de aborto (González-Stagnaro, 1995). Estas características son reflejo de animales resistentes a las enfermedades y adaptada fisiología.

Esas observaciones, provenientes de distintos rebaños, son indicadores ventajosos y mejorables de las ganaderías DP con animales a pastoreo.

DETECCIÓN DEL CELO

La eficiencia de la detección del celo, es esencial para el mejoramiento animal mediante la IA. Su importancia ha llevado al diseño de diversas técnicas para registrarlo. Todas las técnicas desarrolladas se basan en típicos cambios conductuales, fisiológicos, físicos, biofísicos y hormonales que manifiestan las vacas en este estado fisiológico.

Métodos Basados en Cambios Conductuales

Aceptación de la monta, como signo principal y patognomónico de la vaca en celo. Consiste en una conducta que la lleva a la aceptación quieta de la monta por un toro o por una de sus compañeras del rebaño. Se han diseñado varias técnicas para su detección:

- La observación visual (OV) es la más extendida, generalizada y adoptada en la ganadería mestiza de doble propósito.
- Dispositivos marcadores colocados a nivel de la base de la cola o grupa, tales como: pinturas, tizas, o sustancias colorantes (tail-painting, Detect Her®) que son removidas por la monta; dispositivos detectores que cambian de color (Kamar QuickStick®) cuando son presionados por la monta; arneses con dispositivos dispensadores de tintas (Chin ball, Kowball Marker®) que colocados en el mentón del animal detector, marcan a la vaca al momento de la monta, aceptada por la vaca en celo. Estos sistemas se usan como sustitutos o para complementar la OV, requieren de chequeos al trasladar los animales al ordeño o a los corrales para verificar las pérdidas o su integridad. Son de variable eficiencia, con dificultades prácticas, disponibilidad y precisión cuestionable, rara vez han sido adoptados por la ganadería mestiza de doble propósito.
- Dispositivos Radio telemétricos (HeatWath®, Mount Count®, DEC®) vigilan las 24 horas hasta 8.000 animales. Basados en transmisores sensibles a la presión son colocados a nivel de la base de la cola o grupa de la vaca. Se activan por el peso del animal que monta, emiten una señal de radio, la cual es captada por un receptor-repetidor que digitaliza, almacena y analiza la información en un computador ubicado en la oficina. Registra la hora, número, frecuencia y duración de cada monta, estima la duración del celo y puede programarse para proporcionar otras informaciones de interés reproductivo. Requiere un chequeo diario. Por costos y por las características del manejo, no se ha difundido en la ganadería DP.
- Registro en video de la conducta sexual mediante

circuito cerrado de televisión También de eficiencia discutible, es más usado en las ganaderías especializadas de leche con animales en estabulación libre (Lehrer *et al.*, 1992).

Estudios realizados en vacas lecheras a pastoreo con dos ordeño, para comparar la eficiencia y precisión de la detección de celo entre HeatWatch y OV por veinte minutos dos veces al día, complementada con pinturas marcadoras, no mostró diferencias significativas en la detección del celo ni en la tasa de concepción (Xu *et al.*, 1998). Otras comparaciones de la OV con chin ball, tail-paint o kamar (Mai *et al.*, 2002) y entre Heat Watch, podómetros y OV (At-Taras y Spahr, 2001), no descartaron la OV.

Métodos basados en el incremento de la actividad locomotora

Las vacas en celo están más activas y agitadas, caminan más y el número de pasos por hora es tres o cuatro veces más que aquellas que no lo están. Los podómetros (Afikim®, Heat Seeker®) consisten en dispositivos colocados en una de las extremidades de la vaca, miden el número de pasos por hora y en las 24 horas del día. Emiten una señal de radio a un computador ubicado en la oficina que alerta sobre la actividad incrementada de la vaca comparada con la de los últimos dos días, lo cual, la hace sospechosa de estar en celo y sujeto para ser inseminada artificialmente. Sus reportes sobre la eficiencia y precisión para la detección y factores que le afectan son variables (Lehrer *et al.*, 1992; Yániz *et al.*, 2006). No se conoce que hayan sido utilizados en fincas DP.

Métodos basados en cambios biofísicos en los tejidos y secreciones del aparato reproductor de la vaca

Durante el proestro y estro de la vaca, aumenta el flujo sanguíneo y la hidratación (edema) de la vagina y de la vulva, con incremento de la conductividad eléctrica (impedancia) del tejido genital y mucus cervical y cambios en la composición electrolítica de las secreciones. Los cambios en estas características físicas del tejido y secreciones del aparato reproductor se han utilizado para detectar el celo. Sensores manuales intravaginales (Ovatec®), detectores de cambios electrolíticos en las secreciones vaginales y radio telemétricos implantados quirúrgicamente en la submucosa de la vagina y vulva han sido utilizados con resultados variables. No se conoce de su uso en ganaderías DP.

Métodos Basados en cambios fisiológicos

Se ha reportado que durante el celo, las vacas, disminuyen la producción láctea, incrementan la frecuencia de la micción (orina), disminuyen su apetito e incrementan la temperatura rectal e intravaginal entre 0,3 y 1,1°C y la temperatura de la leche entre 0,2 y 0,4°C. Los tres primeros no han sido utilizados para la detección del celo y los aumentos de la temperatura en las ganaderías lecheras especializadas han arrojado resultados variables (Lehrer *et al.*, 1992). Recientemente se ha ensayado el prototipo de un micro dispositivo no disponible comercialmente, que implantado quirúrgicamente a nivel de la vulva, asocia la alteración de la resistencia eléctrica de los tejidos con el incremento de la temperatura corporal, con una sensibilidad para registrar cambios en la temperatura corporal de 0,05°C (Morais *et al.*, 2006). También, se han ingeniado sensores más precisos y eficientes, que combinan en los podómetros el registro de falsos descansos y la temperatura local, detectando el celo silente y de animales debilitados con

reducida actividad física. (Brehme *et al.*, 2008).

Métodos Basados en los perfiles Endocrinos durante el Celo

Durante el celo normal, el perfil endocrino sanguíneo registra altos niveles de estrógenos y ausentes concentraciones de progesterona. La determinación de las concentraciones de estas hormonas en sangre, leche u otros fluidos biológicos mediante la técnica del radioinmunoanálisis (RIA), el enzimoimmunoensayo (ELISA) y otras se han constituido en herramientas para detectar el celo al pie de la vaca (Nebel, 1998; Ramírez-Iglesia, 2001).

Recientes desarrollos tecnológicos han incorporado biosensores de progesterona en las pezoneras del ordeño mecánico que identifican la vaca en celo y que automáticamente transmiten y almacenan la información a un computador (Käppel *et al.*, 2007). Estas técnicas no se usan en la ganadería mestiza DP.

Detección Electrónica de olores en la región perineal

Las feromonas emitidas por las vacas en celo son mensajeros químicos olorosos y volátiles que se difunden en el aire, facilitan la comunicación e inducen la conducta sexual entre individuos de la misma especie. Rekwot *et al.* (2001) y Blazquez *et al.* (1988) comunicaron la existencia de glándulas sebáceas especializadas ubicadas en la piel de la región perineal que secretan feromonas durante el celo. Ese hallazgo ha llevado al desarrollo de biosensores artificiales (narices artificiales) que "oliendo" con esos dispositivos en la región perineal, detectan esas sustancias e identifican la vaca en celo lista para entrar a la inseminación artificial (Lane y Wathes, 1998).

Utilización de Perros para la detección de la vaca en Celo

La secreción y emisión durante el celo de sustancias químicas olorosas de comunicación sexual entre los bovinos y su presencia en la leche y en el moco cervical, ha llevado al entrenamiento de perros para reconocer esos olores e identificar a la vaca en celo (Hawk *et al.*, 1984).

NUEVOS PARADIGMAS PARA LA IDENTIFICACIÓN DEL CELO

Hacia un Nueva Definición de Celo y de la Vaca Sujeta a Inseminación

En las vacas de alta producción lechera, se informa de una disminución de la conducta de monta, así como de la duración e intensidad del celo, cambios que se han atribuido a una hiposecreción ovárica con caída de los niveles de estrógenos circulantes, lo que ha traído como consecuencia una disminución de la detección de celo mediante la observación y/o manifestación del signo patognomónico de estro (hembra quieta). Esta dificultad, ha llevado a sugerir una mayor atención en otras conductas indicadoras de celo, conductas que aunque más frecuentes y menos significativas, al ser detectadas y analizadas permitirán el incremento de la eficiencia de la detección visual, al identificar aquellos signos más claramente asociados al celo y a la ovulación de la vaca.

En la interacción homosexual se observa una hembra activa y otra pasiva, por lo cual, se identifican vacas que inician y otras que reciben la búsqueda y la monta. Bajo esta premisa, se define como vaca en celo a aquella que acepta la monta al menos una vez o incrementa la frecuencia de conductas sexuales iniciadas o recibidas. Esta es una propuesta de identificación del estro que, además, es eficiente para la detección visual de la ovulación silente (Cuadro 4; adaptado de Kerbrat y Disenhaus, 2004).

Cuadro 4. CLASIFICACIÓN DE LAS CONDUCTAS DE LA VACAS DURANTE EL CELO

Conducta	Clasificación
Aceptación Monta *****	Sexual
Intento de Monta	Sexual
Monta desorientada (Cabeza)	Sexual
Apoyar mentón en grupa*	Sexual
Oler/Lamer región ano genital**	Sexual
Lamidos cabeza, Cuello, flancos	Social
Acariciar con cabeza o mentón cualquier parte cuerpo	Social
Topeteo cabeza-cabeza	Agonística
Topeteo otra parte del cuerpo	Agonística
Oler la Ubre	No Clasificada
Seguimiento	No Clasificada
Caminar , caminar	No Clasificada
Frotamiento o caricias en cadera	No Clasificada

Otros autores (Van Eerdenburg *et al.*, 2002; Roelofs *et al.*, 2005) han sugerido una clasificación de puntos para los principales signos y síntomas asociados al celo (Cuadro 5). Esta propuesta se sugiere para mejorar la eficiencia y la precisión de la detección de la vaca en celo, siendo de fácil aplicabilidad en la práctica de la ganadería mestiza de DP.

Cuadro 5.- PUNTUACIÓN DE LOS SIGNOS Y SÍNTOMAS PARA IDENTIFICAR LA VACA EN CELO

Signos y Síntomas del celo	Van Eerdenburg <i>et al.</i> , (2002)	Roelof <i>et al.</i> , (2005)
Descarga de moco por la vulva	3 puntos	----
Flehmen	3 “	3
Inquietud, agitación	5 “	5
Olfateo de vulva a otras vacas	10 “	10
Apoyar mentón en grupa a otras vacas (chin resting)	15 “	15
No aceptación de la monta	10 “	10
Intento de monta a otras vacas	35 “	35
Monta desorientada (por cabeza) a otras vacas	45 “	45
Aceptación de la monta	100 “	100
La suma de 50 puntos durante dos observaciones consecutivas se puede considerar vaca en celo		

Deficiente Detección del Celo (DDC)

En la DP, la detección del celo se basa en la observación visual a nivel de los corrales solo durante las horas del ordeño, realizada por personal que hace otras actividades; no está entrenado en el conocimiento, pesquisa, seguimiento e interpretación de los signos, síntomas y conducta sexual de la vaca en celo. Esta cultura puede ser causa de la DDC. Estudios previos han indicado un amplio porcentaje de vacas en celo dentro de los 81 dpp (Ramírez-Iglesia *et al.*, 1992; González-Stagnaro, 1992, 2002). También, se ha registrado una correcta detección de celos que oscila entre 83% y 95% (Soto-Belloso *et al.*, 2000). Esta información indica condiciones fisiológicas favorables para cumplir el objetivo de un parto por año en un elevado porcentaje de vacas del rebaño DP.

Se torna necesaria la investigación para caracterizar bien la duración del ciclo estral y el perfil posparto en los distintos ambientes de crianza de estas hembras de DP y para separar los errores de una deficiente detección del celo (EDC). Parece ser necesario que el hombre conozca más la conducta sexual de sus vacas, para que cada quien cargue con sus limitaciones.

Bioestimulación para reducir el anestro posparto

La comunicación mediante sustancias químicas olorosas denominadas feromonas constituye la base de la bioestimulación. Esas señales químicas portadoras de un mensaje sexual son transportadas por el aire, captadas por el órgano de Jacobson ubicado en la nariz, quien reconoce la sustancia, decodifica y transmite el mensaje a través de fibras especiales hacia el hipotálamo. Estimula el eje hipotálamo-hipófisis-ovarios y desencadena cambios fisiológicos y conductuales que, en el caso de los bovinos, conducen al celo, a la ovulación y a la ciclicidad ovárica.

Esas sustancias químicas se encuentran circulando en la sangre y, se ha demostrado su presencia en las heces, orina, moco cervical, leche, saliva y glándulas sebáceas especializadas de la región perineal de la vaca (Rekwot *et al.*, 2001; Sankar y Archunan, 2004; 2008). Este tipo de comunicación química acompañada de las visuales, auditivas, gustativas y de contacto físico, conforman el complejo de señales de la bioestimulación sexual. Esta técnica ha sido utilizada para incitar la actividad cíclica ovárica mediante el efecto de la presencia del toro y de sus excreciones como "efecto macho" y de la vaca en celo y sus secreciones como "efecto hembra" (Sankar y Archunan, 2004; 2008; Berardinelli y Joshi, 2005). En algunos casos, en vacas de alta producción lechera el efecto toro no ha sido posible lograrlo dentro de los 100 días posparto (Shipka y Ellis, 1998). En la ganadería DP, mediante la bioestimulación con el toro se ha logrado la recuperación de la ciclicidad de la vaca en anestro (Soto Belloso *et al.*, 1997).

El moco cervical estral constituye una inagotable fuente de feromonas sexuales, cuyo efecto bioestimulante no ha sido explorado. La propuesta de una ganadería DP sostenible y ecológica, sugiere una mayor investigación que dirija sus esfuerzos a la utilización de las excreciones y secreciones de la hembra como efecto hembra, para prevenir el largo anestro posparto y mejorar las tasa de fertilidad.

CONCLUSIONES

En ambos sistemas de manejo de la ganadería DP se ha generado información básica que registra una aceptable y ventajosa respuesta fisiológica reproductiva de la vaca mestiza. La consideración de todos los signos y síntomas con registros y evaluación de aquellas conductas

indicadoras de celo facilita la detección privilegiada y temprana del primer celo posparto. La información producida sugiere ajustes en la rutina, duración y lugares de la observación visual, como la técnica más precisa y efectiva para la detección del celo siempre que se cuente con personal entrenado en la conducta sexual y, prioritariamente dedicado a esta actividad. Pueden además contribuir a mejorar la eficiencia reproductiva de las ganaderías DP, la evaluación rutinaria nutricional de la condición corporal, del VCA como el registro y análisis de aquellos factores asociados al celo y a la inseminación que pueden estar relacionados con la fertilidad y la implementación rutinaria y temprana de técnicas de bioestimulación mediante el efecto macho, el efecto hembra y/o el uso de las excreciones y secreciones de la vaca en celo.

LITERATURA CITADA

1. Atencio R.A, Román B.R, Castejón SO. 1995. Fertilidad en vacas mosaico tauro-indicus en condiciones de bosque tropical muy seco. Rev Cientif FCV-LUZ. V: 55-63.
2. At-Taras EE, Spahr SL. 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.
3. Benezra S.M.A. 2001. Comportamiento reproductivo y crianza del becerro en rebaños bovinos de doble propósito En: Reproducción Bovina. C. González-Stagnaro (Ed). Fundación Girarz. Maracaibo-Venezuela. Cap XIII: 87-201.
4. Berardinelli JG, Joshi PS.2005. Initiation of postpartum luteal function in primiparous restricted-suckled beef cows exposed to a bull or excretory products of bulls or cows. J Anim Sci 83:2495-2500.
5. Blazquez NB, French JM, Long SE, Perry GC. 1988. A pheromonal function for the perineal skin glands in the cow. The Veterinary Record, 123: 49-50.
6. Brehme U, Stollberg U, Holz R, Schleusener T. 2008. ALT pedometer—New sensor-aided measurement system for improvement in oestrus detection. Computers and Electronics in Agriculture 62(1): 73-80. [doi:10.1016/j.compag.2007.08.014](https://doi.org/10.1016/j.compag.2007.08.014) | Available online 1 November 2007.
7. Galina CS, Orihuela A. 2007. The detection of estrus in cattle raised under tropical conditions: What we know and what we need to know. Hormones and Behavior 52:32-38.
8. González-Stagnaro C. 1992. Fisiología reproductiva en vacas mestizas de doble propósito. En: Ganadería Mestiza De Doble Propósito. Carlos González Stagnaro (Ed.) 1ra. Ed. Ediciones Astro Data. 153-188pp.
9. González-Stagnaro C. 1995. Manejo reproductivo y control de la sub-fertilidad en vacas mestizas En: Manejo de la Ganadería Mestiza de Doble Propósito. Ninoska Madrid-Bury, Eleazar Soto-Belloso (eds). Fundación GIRARZ. Ediciones Astro Data S.A. Maracaibo. Venezuela. Cap.XXVIII: 523-562.
10. González-Stagnaro C. 2002. Interpretación de los registros y diagnóstico de los problemas reproductivos en ganadería doble propósito En: Avances en la Ganadería Doble Propósito. C. González-Stagnaro, E. Soto-Belloso, L. Ramírez-Iglesia (eds). Fundación GIRARZ. Ediciones Astro Data S.A. Maracaibo. Venezuela. Cap.XXV: 371-

- 400.
11. González-Stagnaro C., Madrid-Bury N, Goicochea-Llaque J. 2002. Sistemas de manejo y eficiencia en la detección de celos en rebaños doble propósito. *Rev. Cientif. FCV- LUZ*, 12: 455- 463.
 12. Hawk H.W, Conley H.H, Kiddy C.A. 1984. Estrus-Related Odors in Milk Detected by Trained Dogs. *J Dairy Sci* 67:392-397.
 13. Hernández H, Soto E; Villamediana P, Cruz R, Aranguren A, Castejón O. 1995. Evaluación de tratamientos del anestro post-parto en vacas mestizas factores que lo afectan. *Rev Científ. FCV-LUZ*. V: 47-53.
 14. Käppel N.D, Florian Pröll F, Gauglitz G. 2007. Development of a TIRF-based biosensor for sensitive detection of progesterone in bovine milk. *Biosensors and Bioelectronics* 22: 2295–2300.
 15. Kerbrat S, Disenhaus C. 2004. A proposition for an updated behavioural characterisation of the oestrus period in dairy cows *Applied Animal Behaviour Science* 87: 223–238.
 16. Lane A.J.P, Wathes D.C. 1998. An electronic nose to detect changes in perineal odors associated with estrus in the cow. *J Dairy Sci* 81:2145–2150.
 17. Lehrer A.R, Lewis G.S, Aizinbud E. 1992. Oestrus detection in cattle: recent developments. *Anim Reprod Sci* 28:355-361.
 18. Mai H.M, Ogwu D, Eduvie L.O, Voh Jr AA. 2002. Detection of Oestrus in *Bunaji* Cows under Field Conditions. *Tropical Animal Health and Production*. 34:35-47.
 19. Montiel F, Ahuja, C. 2005. Body condition and suckling as factors influencing the duration of postpartum anestrus in cattle: a review. *Anim Rep Sci* 85: 1–26.
 20. Morais R, Valente A, Almeida J.C, Silva A.M, Soares S., Reis MJCS, Valentim R, Azevedo J. 2006. Concept study of an implantable microsystem for electrical resistance and temperature measurements in dairy cows, suitable for estrus detection. *Sensors and Actuators A* 132: 354–361.
 21. Nebel RL. 1998. Symposium: Cowside Tests On-Farm Milk Progesterone Tests. *J Dairy Sci* 71:1682-1690.
 22. Ramírez-Iglesia LN, Viera FB, Martínez JA, Díaz de Ramírez A, Román R, Soto-Belloso E. 2007. Fertilidad y días vacíos en relación con factores asociados con el primer celo posparto en vacas mestizas de doble propósito. *Rev Científ FCV-LUZ*. XVII: 386.
 23. Ramírez-Iglesia LN, Soto E, González C, Soto G, Rincón E. 1996a. Postpartum ovarian activity and anovulatory estrus in primiparous crossbred cows in the Venezuelan tropics. *Rev Científ FCV-LUZ*. VI: 191-196.
 24. Ramírez-Iglesia LN, Soto E, González C, Soto G, Rincón E. 1992. Factors affecting postpartum ovarian activity in crossbred primiparus tropical heifers. *Theriogenology*. 38: 449-460.
 25. Ramírez-Iglesia LN, Viera FB, Díaz de Ramírez A, Román R, Soto-Belloso E. 2006a. Hora y lugar de la detección visual del celo en vacas mestizas de doble propósito ordeñadas dos veces al día. LVI Convención Anual de AsoVAC. *Acta Científica Venezolana*: 57 (Sup.1) pp 200 (Resumen).
 26. Ramírez-Iglesia LN, Viera FB, Martínez JA, Díaz de Ramírez A, Morillo JG, Román R, Soto-Belloso E.

- 2006b. Grupos sexuales activos en vacas posparto de ganadería mestiza de doble propósito. *Zootecnia Trop.* 24: 281-295.
27. Ramírez-Iglesia LN, Viera FB, Martínez JA, Díaz de Ramírez A; Soto-Belloso E. 2002. Conducta sexual y signos del celo en ganadería mestiza de doble propósito. *Rev. Cientif FCV-LUZ.* XII: 431-433.
28. Ramírez-Iglesia LN. 2001. El Uso del Radioinmunoanálisis (RÍA) para el Mejoramiento de la Eficiencia Reproductiva. En. *Reproducción Bovina. C. González-Stagnaro (Ed). Fundación GIRARZ, Maracaibo-Venezuela. Cap XXI: 334-346.*
29. Ramírez-Iglesia LN. 2005. Conozca la conducta sexual y el celo de sus vacas. En: *Manual de Ganadería de Doble Propósito. C. González-Stagnaro, E. Soto-Belloso (eds) Ediciones Astro Data, S.A. Maracaibo-Venezuela Cap. VI: 419-423.*
30. Ramírez-Iglesia LN; Soto E, González C, Soto G, Rincón E. 1996b. Actividad ovárica postparto en vacas mestizas primíparas con o sin alteraciones periparturientas. *Rev. Científ. FCV-LUZ.* VI: 13-20.
31. Rekwot PI, Ogwu D, Oyedipe EO, Sekoni VO. 2001. The role of pheromones and biostimulation in animal reproduction. *Anim. Rep. Sci.,* 65: 157-170.
32. Rhodes F.M, McDougall S, Burke CR, Verkerk GA, Macmillans KL. 2003. Invited Review: Treatment of cows with an extended postpartum anestrous interval. *J Dairy Sci.* 86:1876–1894.
33. Robinson JJ, Ashworth CJ, Rooke JA, Mitchell LM, McEvoy TG. 2006. Nutrition and fertility in ruminant livestock. *Animal Feed Science and Technology* 126: 259–276.
34. Rodríguez-Hernández T. 2001. Momento óptimo de inseminación artificial en celo natural y sincronizado en bovinos. En. *Reproducción Bovina. C. González-Stagnaro (ed). Fundación Girarz, Maracaibo-Venezuela. Cap. XV: 281-298.*
35. Roelofs JB, van Eerdenburg FJCM, Soedea NM, Kempa B. 2005. Various behavioral signs of estrous and their relationship with time of ovulation in dairy cattle. *Theriogenology* 63:1366–1377.
36. Sankar R, Archunan G. 2004. Flehmen response in bull: role of vaginal mucus and other body fluids of bovine with special reference to estrus. *Behavioural Processes* 67: 81–86.
37. Sankar R, Archunan G. 2008. Identification of putative pheromones in bovine (*Bos taurus*) faeces in relation to estrus detection. *Anim Rep Sci* 103:149–153.
38. Shipka M.P, Ellis L.C. 1998. No effect of bull exposure on estrous behavior in high-producing dairy cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 57:1-7.
39. Soto-Belloso E, Portillo-Martínez G, De Ondiz-Sánchez A, Rojas, N, Soto-Castillo, G, Ramírez-Iglesia LN, Aranguren J, Perea F. 2000. Evaluación del comportamiento reproductivo mediante el uso de la progesterona por radioinmunoanálisis en vacas mestizas Cebú bajo programas de inseminación artificial en Venezuela. *Rev Cientif FCV-LUZ.* 10: 391-398.
40. Soto-Belloso E, Portillo, G. 1992. Alteraciones de la reproducción en la hembra. En: *Ganadería Mestiza De Doble Propósito. Carlos González Stagnaro (ed.) Ira. Ed. Ediciones Astro Data. 189-203.*
41. Soto-Belloso E, Ramírez L, Guevara L, Soto G. 1997. Bull effect on the reproductive performance of mature and first calf-suckled zebu cows in the tropics. *Theriogenology* 48:1185-1190.

42. Soto-Belloso, E. 2001. Mejora reproductiva mediante el control hormonal de la actividad ovárica post parto en vacas mestizas de doble propósito. En: Reproducción Bovina. C. González-Stagnaro (Ed). Fundación Girarz, Maracaibo-Venezuela. Cap. XX: 323-332.
43. Van Eerdenburg, FJCM, Karthaus D, Taverne MAM, Merics I, Szenci O. 2002. The relationships between estrous behavioral score and time of ovulation in dairy cattle. J Dairy Sci 85:1150-1156.
44. Xu Z Z, Mcknight D J, Vishwanath R, Pitt C, Burton LJ. 1998. Estrus Detection Using Radiotelemetry or Visual Observation and Tail Painting for Dairy Cows on Pasture. Journal of Dairy Science 81: 2890-2896.
45. Yániz JL, Santolaria P, Giribet A, Lopez-Gatius, F. 2006. Factors affecting walking activity at estrus during postpartum period and subsequent fertility in dairy cows. Theriogenology 66: 1943–1950.

* Trabajo arbitrado, publicado en: **Desarrollo sostenible de la ganadería doble propósito**. Carlos González-Stagnaro, Ninoska Madrid Bury, Eleazar Soto Belloso. (eds). Fundación GIRARAZ. Ediciones Astro Data S.A. Maracaibo-Venezuela. 2008.

Como citar el artículo:

Ramírez-Iglesia LN. 2008. Hacia el manejo fisiológico reproductivo de la vaca mestiza. En: **Desarrollo sostenible de la ganadería doble propósito**. C González-Stagnaro, N. Madrid Bury, E. Soto-Belloso (eds). Fundación GIRARAZ. Ediciones Astro Data S.A. Maracaibo-Venezuela. Cap XLV:555-569.