

CICLO ESTRAL: FISIOLÓGÍA BÁSICA Y ESTRATEGIAS PARA MEJORAR LA DETECCIÓN DE CELOS

Guáqueta H¹

Clínica de la Reproducción
Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Sede Bogotá
Universidad Nacional de Colombia.

RESUMEN

El entendimiento de los factores que regulan el ciclo estral de la vaca es un componente esencial del manejo reproductivo en las fincas ganaderas. El incremento en la utilización de mano de obra calificada y especialistas en reproducción, así como la implementación de programas de inseminación artificial, sincronización del ciclo estral y transferencia de embriones han venido acentuando esta necesidad. La alta incidencia de actividad de monta durante la noche y los cortos periodos de duración del estro hacen de la detección de celos una tarea nada fácil, lo que parcialmente explicaría por qué la detección de calores es, después de la mastitis, la problemática número uno en muchas ganaderías y por qué la subfertilidad de las hembras se constituye en una de las principales razones de descarte del hato.

Palabras clave: ciclo estral, detección de celos, eficiencia reproductiva

ESTROUS CYCLE: BASIC PHYSIOLOGY AND STRATEGIES FOR IMPROVING ESTRUS DETECTION

ABSTRACT

Compleat understanding of factors involved with estrous cycle in cows is an essential topic for reproductive managment in dairy and beef herds. Recent increases in different biotechnologies such as artificial insemination, multiple ovulation and embryo transfer programs .have the primary base in this concern. The high incidence in night mounting activity and short time cycles means that estrus detection is very important and too difficult, and has showed how this work is a big problem in livestock, and subfertility in many heifers and cows is one of the principal causes for culling of the herd.

Key words: estrus cycle, heat detection, reproductive efficiency

INTRODUCCIÓN

En las vacas el ciclo estral es el lapso comprendido entre dos periodos de estro o calor consecutivos y tiene una duración normal de 18 a 24 días, con un promedio de 21. Los “ciclos cortos” se consideran anor-

males mientras que los “ciclos largos”, especialmente los múltiples de 18 a 24, se deben probablemente a una inadecuada detección de celos y a una falla para detectar las vacas que realmente están ciclando.

¹ hguaquetam@unal.edu.co

Los ciclos largos de aproximadamente 30 a 35 días podrían ser falsos calores (animales que son denunciados en celo cuando realmente no lo están) o el resultado de alguna patología que pueda estar generando mortalidad embrionaria temprana.

El periodo del celo es relativamente corto (6 a 30 horas), y es el único momento en el que una vaca o novilla es receptiva al macho y permite que ella misma sea montada, ya sea por el toro o por otras vacas. Los cambios que ocurren en el comportamiento durante este tiempo se usan como evidencia de la presentación del estro. Se ha demostrado que más del 70% de las actividades de monta ocurren entre las 6 p. m. y las 6 a. m. Además, cerca del 25% de las vacas tienen celos de menos de 8 horas de duración.

Los bajos porcentajes de heredabilidad para el rasgo de fertilidad en las vacas sugieren que las causas de dicha infertilidad sean más relacionadas con el manejo y acentúan la necesidad de entender el control endocrino del ciclo estral, para conocer a fondo la interacción entre la liberación de hormonas, los cambios de comportamiento de las vacas y el momento adecuado para la inseminación o monta natural.(1)

Reconocer estos cambios es fundamental para la detección de los calores, y entre más elevada sea la tasa de detección de celos, habrá mayores posibilidades de preñar novillas y vacas en las fincas.

La observación visual en diferentes periodos de tiempo es el método generalizado y común para identificar las vacas que están manifestando signos externos de estro; sin embargo, menos del 50% de los calores esperados son detectados y los mejores inseminadores apenas son capaces de denunciar entre 50 y 75% de los animales que deberían haber presentado el celo (1).

GENERALIDADES DEL CICLO ESTRAL

La expresión del comportamiento de estro es el resultado de un incremento progresivo en los niveles de 17β -estradiol producido por un folículo dominante, el cual estimula los demás signos concomitantes con el pico ovulatorio de la hormona luteinizante (LH).

El ciclo estral está conformado por cuatro fases continuas: proestro, estro, metaestro y diestro, durante las cuales sucede una serie de cambios en las estructuras ováricas y concentraciones de hormonas que interactúan para que la vaca pueda estar ciclando (2, 3).

PROESTRO

La actividad ovárica durante el proestro es iniciada por la lisis del cuerpo lúteo (CL) del ciclo estral anterior. Los niveles de progesterona son bajos y simultáneamente se lleva a cabo el crecimiento de un folículo preovulatorio. Pese a que muchos folículos antrales se pueden desarrollar durante este periodo, solo uno será seleccionado como folículo dominante (FD) y llegará a la ovulación. Este FD se diferencia de los demás folículos (atrésicos) en que es influenciado por las hormonas folículo-estimulante (FSH) y luteinizante (LH), incrementando así la síntesis y producción de estrógenos, los cuales a su vez van llenando la cavidad antral y haciendo que aumente el diámetro folicular.

Los estrógenos son producidos por las células que forman la pared del folículo en desarrollo, una capa externa que son las células de la teca y otra capa interna que son las células de la granulosa. Estos dos tipos celulares trabajan en forma simultánea y coordinada para producir estrógenos: las células de la teca ligan la LH y producen an-

drógenos, los cuales luego son convertidos a estrógenos por las células de la granulosa, que han sido estimuladas por la FSH (3).

ESTRO

La continua producción de estrógenos por el folículo en desarrollo genera un pico en la liberación de LH y FSH por la glándula hipófisis, lo cual estimula la máxima producción de estrógenos por el folículo. Estos elevados niveles de estrógenos son los responsables del comportamiento y signos propios del celo, aumentando las contracciones del tracto reproductor femenino para facilitar el encuentro entre el óvulo y el espermatozoide. Así mismo, estimulan la cantidad y tipo de fluidos (moco) que se producen en los oviductos, útero, cérvix y vagina.

Durante el estro las células de la granulosa también producen y liberan inhibina, una hormona que se encarga de bloquear la liberación de FSH desde la hipófisis.

De esta manera, durante el proestro y el estro la sincronía de los eventos endocrinos permite que el crecimiento folicular llegue a su punto más alto, para luego producir la ovulación, liberar el oocito y permitir que la vaca entre en celo y pueda ser montada o inseminada, generando una fertilización exitosa.

METAESTRO

El periodo de tres a cuatro días siguientes al celo se conoce como metaestro, y está condicionado por una serie de eventos endocrinos que controlan la dinámica del ovario durante este tiempo.

El pico de LH y FSH que se presenta durante el estro, genera la ruptura del folículo alrededor de unas 30 horas después de haber comenzado la "monta estática", o aproximadamente entre 10 y 14 horas de haber finalizado el estro, con la liberación del óvulo dentro del proceso conocido como "ovulación".

Las células de la teca y de la granulosa sensibilizan el folículo colapsado a la acción

de la LH para que comience la formación del cuerpo amarillo o cuerpo lúteo (CL), que va a producir progesterona. Esta hormona es la responsable de la preparación del útero para la preñez y de la inhibición de la presentación de un nuevo ciclo.

Entre uno y tres días después de la presentación del estro, una descarga vaginal mucosanguinolenta puede aparecer en algunas vacas y la mayoría de las novillas, indicando que el celo ha ocurrido y que un nuevo estro se va a presentar dentro de 18 a 20 días.

La sincronía entre el estro, el apareamiento y la ovulación es un factor crítico para la fertilización exitosa. La vida media del óvulo, una vez que se ha liberado, es de aproximadamente 10 a 12 horas, y el espermatozoide sobrevive por unas 24 a 48 horas una vez que ha sido depositado dentro del aparato reproductor femenino, y aunque no pareciera ser un factor muy crítico para la fertilización, se debe tener en cuenta que el semen debe llegar por lo menos 6 horas antes al tracto reproductor para cumplir con su proceso de "capacitación" y ser apto para fecundar el óvulo. Esto hace que las vacas incrementen su probabilidad de quedar preñadas cuando son inseminadas en la mitad final del celo con respecto a las que son inseminadas después de haber finalizado el calor.

Después de la ovulación, el óvulo es recogido y transportado por el oviducto gracias a una gran cantidad de cilias ubicadas dentro de su mucosa, para ser dirigido al encuentro con el espermatozoide en la parte media del oviducto, donde finalmente la fertilización se llevará a cabo.

En algunos casos, defectos congénitos, adherencias generadas por una inadecuada palpación rectal o la enucleación de un cuerpo lúteo persistente por métodos mecánicos o infecciones ascendentes del tracto reproductor, pueden evitar el contacto entre

el útero y el ovario, llevando al animal a un estado de infertilidad debido a la imposibilidad del espermatozoide para alcanzar el óvulo.

DIESTRO

Es la fase más prolongada del ciclo estral y está comandada por la acción de la progesterona y la presencia del cuerpo lúteo.

La LH que indujo la ovulación es también responsable de una serie de cambios en las células de la granulosa para dar lugar a la formación del cuerpo lúteo, que alcanza el diámetro máximo alrededor de los 8 a 10 días después de la ovulación. La progesterona en sangre se incrementa de forma paralela al crecimiento del cuerpo lúteo, hasta alcanzar los máximos niveles alrededor del día 10 y mantenerse elevada hasta el día 16 o 18 del ciclo.

Algunos días después empezará una nueva onda de crecimiento folicular, estimulada por la acción de la FSH, que dará lugar a un nuevo folículo dominante no ovulatorio que finalmente sufrirá atresia y permitirá el desarrollo de otra onda folicular.

Los días 16 a 18 del ciclo estral son críticos para el mantenimiento de la función del cuerpo lúteo y los niveles de progesterona elevados. Si la vaca no está gestante, el cuerpo lúteo será destruido por la liberación de $\text{PGF2}\alpha$ producida en el útero. Esta hormona es transportada directamente al cuerpo lúteo donde interfiere con la síntesis de progesterona, disminuyendo los niveles sanguíneos de esta última, lo cual permite que la FSH estimule el crecimiento de un nuevo folículo 3 a 4 días después.

Simultáneamente con el rápido crecimiento del folículo dominante de esa onda se da un incremento sustancial de los niveles de estrógenos, lo que hace que el ciclo se repita y la vaca empiece a presentar un nuevo ciclo estral.

DETECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ESTRO

La detección del celo es uno de los componentes más importantes de un programa eficiente de manejo reproductivo en cualquier ganadería, especialmente con el uso extensivo de la inseminación artificial como una de las herramientas de mejoramiento genético mundial. Aproximadamente entre un 70 y 80% de las fincas lecheras de los Estados Unidos funcionan con base en programas de inseminación artificial y además se calcula que las pérdidas económicas generadas por la falla en la detección de celos o el diagnóstico erróneo del mismo ascienden a US\$300 millones al año (3).

La detección de calores afecta directamente los días abiertos, el intervalo entre partos y por lo tanto la producción de leche en los hatos; incrementando la eficiencia en la detección de celos, podemos mejorar significativamente los parámetros reproductivos y por lo tanto generar un mayor rendimiento de la explotación ganadera.

Muchos trabajos se han realizado con el fin de precisar el momento más adecuado para la inseminación artificial y entender mejor el comportamiento de las novillas y las vacas durante este periodo crítico de su actividad sexual.

Inicialmente algunos investigadores se dedicaron a estudiar el comportamiento sexual de las vacas (4) y sus interacciones desde el punto de vista neuroendocrino (5), para luego empezar a generar revisiones un poco más profundas acerca de los diferentes métodos para detectar el celo, su eficiencia y precisión (6,7), así como el desarrollo de nuevas tecnologías que permitan tener la mayor exactitud posible en evidenciar las vacas que deben ser inseminadas y además precisar el momento óptimo para lograr la mayor probabilidad de fertilización (8-10).

SIGNOS DEL CELO

Es muy importante conocer los cambios en el comportamiento de las vacas durante el celo y además diferenciar los signos primarios y secundarios del mismo, con miras a obtener la mayor precisión y exactitud en determinar los animales que realmente están en calor.

SIGNO PRIMARIO: “MONTA ESTÁTICA”

Una vaca que permanece quieta mientras es montada es el signo primario evidente e inequívoco de que está en estro. La “monta estática” es el periodo de máxima intensidad sexual durante el ciclo estral, y durante el mismo la vaca permanece inmóvil para ser montada por otras vacas o se mueve suavemente hacia atrás con el peso de la vaca que la está montando (2).

Las vacas que se mueven rápidamente hacia fuera cuando otras intentan montarlas, realmente no están en celo, aunque se debe permitir que interactúen con sus compañeras de hato para verificar su condición real.

En promedio la monta estática tiene una duración de 15 a 18 horas, aunque existen variaciones muy amplias y se llega a encontrar animales que muestran este comportamiento desde las 8 hasta las 30 horas, dependiendo de varios factores (10).

SIGNOS SECUNDARIOS DEL CELO

Los signos secundarios del celo pueden variar en duración e intensidad. Pueden ocurrir antes, durante o después del calor estático y no necesariamente están relacionados con el momento de la ovulación. La observación de cualquiera de estos signos debe llamar la atención del personal encargado acerca de la o las vacas que los estén presentando para ser observadas con mayor detalle y frecuencia hasta precisar cuál de ellas es la que está realmente en celo.

Montar otras vacas

Las vacas que exhiben este comportamiento pueden estar en estro o proestro, y aunque no es frecuente que se presente durante la mitad del estro, toda vaca que sea observada tratando de montar a otra debe ser monitoreada para verificar el signo primario que es la monta estática.

Descargas de moco vaginal

Como respuesta a los elevados niveles de estrógenos, el moco que es producido en el cérvix se acumula dentro de la vagina, antes, durante y un leve tiempo después del estro. Una gran cantidad de moco filante, traslúcido y viscoso generalmente cuelga de la vulva. Sin embargo, algunas veces no se evidencia el moco externamente sino hasta que la vaca es palpada para el proceso de la inseminación y el moco es expulsado. En algunas ocasiones el moco puede aparecer esparcido sobre la base de la cola, piernas, flancos o en la región del periné.

Edema y congestión de la vulva

Durante el calor la vulva, por acción de los estrógenos, se congestiona y edematiza, apareciendo los labios levemente separados y de coloración intensa. Generalmente estos síntomas aparecen antes del celo y permanecen un breve tiempo después, aunque no son concluyentes de la presentación del estro; se debe tener en cuenta que durante el diestro los labios vulvares son pálidos y permanecen más firmemente adosados.

Bramidos, intranquilidad y seguimiento de otras vacas

Las vacas durante el celo están más inquietas y muy alerta a lo que sucede en sus alrededores; con frecuencia persiguen otras o van detrás de sus compañeras de hato para tratar de montarlas y las pueden perseguir durante algunos tramos del potrero. Diversas investigaciones han mostrado un incremento en la actividad y por ende menor tiempo de descanso de las vacas en celo en relación con sus compañeras de hato (11,12).

Además se ha reportado que las vacas en celo pueden bramar con mayor frecuencia que sus compañeras, situación que se puede acentuar un poco en las novillas.

Base de la cola erizada y flancos sucios

Como consecuencia de las montas y el rozamiento del anca con la cabeza de otras vacas, el pelo de la base de la cola aparece despeinado, erizado, sucio, manchado y algunas veces se llega a desprender cuando la actividad de monta es muy intensa, exponiendo la piel y generando hasta úlceras en los isquiones. Las piernas y los flancos pueden estar manchados con barro o estiércol.

Apoyo de la barbilla y rozamiento hacia atrás

Antes de que una vaca pueda montar a otra, esta apoya su barbilla sobre el anca de la otra y la roza con firmeza hacia atrás aplicando presión sobre el anca como prueba de receptividad a la monta. En este caso las dos vacas se deberán monitorizar estrechamente para saber cuál de ellas es la que realmente presenta el celo.

Olfateo de genitales

Olfatear los genitales y labios vulvares en las vacas sucede con frecuencia durante el proestro y estro. En los casos de hatos que son manejados con el toro bajo esquemas de monta natural, este es uno de los comportamientos propios del toro dentro de la cadena de reflejos que necesita para realizar la cópula.

Levantar la cabeza y voltear el labio

Esta actividad sigue generalmente al olfateo de los genitales, principalmente cuando la vaca que está en celo emite descargas de orina. En los machos es otro de los comportamientos previos a la cópula y característico de ellos, conocido como el reflejo de "fleemen".

Disminución en el consumo de alimento y producción de leche

Como una consecuencia lógica del incremento en la actividad, nerviosismo, per-

secución y monta de otras vacas para luego dejarse montar, las vacas en celo disminuyen sustancialmente su consumo de alimento, lo que genera una disminución sensible en la producción de leche durante el día del estro e incluso el día posterior a la presentación del mismo; sin embargo, son muchos los factores que pueden alterar la producción de leche y el consumo de alimento por las vacas, por lo que no se consideran verdaderos signos del celo.

Sangrado del metaestro

Algunas vacas y la gran mayoría de las novillas presentan una leve descarga mucosanguinolenta entre uno y tres días posteriores a la presentación del estro, pero la aparición de este signo, conocido técnicamente como el sangrado del metaestro (en Colombia popularmente se dice que la vaca o novilla "pintó en sangre"), es muy variable. Los altos niveles de estrógenos durante el estro causan una congestión fuerte de algunos vasos sanguíneos que a veces pueden llegar a sufrir rupturas y provocar pequeñas hemorragias dentro del útero que serán evidenciadas un par de días más tarde. Es frecuente que en algunas ganaderías las vacas no sean denunciadas en celo pero sí se observe el sangrado posterior, lo cual indica que la vaca estuvo en celo y no fue detectada, y que se debe esperar la presentación de un nuevo calor dentro de 18 a 19 días.

SISTEMA DE PUNTUACIÓN ASIGNADO AL COMPORTAMIENTO ESTRAL

Para resumir un poco la sintomatología del celo en las vacas, algunos investigadores (13) han establecido una tabla de puntajes con respecto a la presentación del mismo, asignando a cada uno de los principales signos un valor (Tabla 1).

Tabla 1. Sistema de puntuación para comportamiento estral.

Signo	Puntos
Descarga vaginal mucosa	3
Intranquilidad y nerviosismo	5
Olfatear genitales de otras vacas	10
Apoyo de la barbilla	15
Monta pero no estática	10
Monta o intenta montar otras vacas	35
Monta la cabeza de lado sobre otra vaca	45
Monta estática	100

Fuente: Van Eerdenburg et ál. (2002: 1150).

FACTORES QUE AFECTAN EL COMPORTAMIENTO Y LA EXPRESIÓN DEL ESTRO

Entre los factores que afectan el comportamiento y la expresión de los calores en las vacas se han encontrado ambientales, sanitarios, nutricionales y sociales (etología del hato). Sin embargo, para facilitar un poco su agrupación, se van a clasificar en factores de la vaca, factores ambientales y factores humanos.

FACTORES DE LA VACA

Factores nutricionales

Las actividades de monta así como los demás comportamientos de tipo sexual se deprimen en animales que han perdido peso desde el parto y que se encuentran en una baja condición corporal. Se ha demostrado (14) que algunas vacas o en muchos casos hatos enteros entran en verdaderos periodos de anestro, debido principalmente a deficiencias de tipo nutricional, ya sea desde el punto de vista energético o proteico, situación que se presenta con bastante frecuencia en algunas ganaderías de nuestro medio en las cuales la producción de forrajes continúa afectada por las épocas de lluvias (15).

Entre las principales causas de anestro se debe incluir la baja o inadecuada condición corporal, anemia (hemoparásitos), infecciones uterinas, quistes ováricos y parasitismo crónico.

Problemas de patas y pezuñas

Las vacas débiles de patas o con mala conformación estructural de patas y pezuñas exhiben menos actividad de monta y permanecen menos tiempo para ser montadas que las que tienen aplomos más correctos y mejor conformación. También se ha relacionado la incidencia de lesiones podales con el recorte preventivo de pezuñas. En nuestro medio este es un tema de vital importancia pues es frecuente encontrar hatos en los cuales no se hace recorte ni arreglo periódico de pezuñas, o se hace de manera muy puntual y sin obedecer a un programa de manejo.

Un estudio británico que involucró cerca de 770 vacas demostró que las vacas con laminitis y lesiones del casco tuvieron un incremento de 7 días al primer servicio posparto y 11 días abiertos más, comparadas con las sanas. Estas diferencias fueron todavía mayores cuando las lesiones de la suela se presentaron entre 36 y 70 días posparto, tiempo durante el cual las vacas deberían estar siendo inseminadas por primera vez, lo que produjo un incremento en 17 días al primer servicio posparto y 30 días abiertos más con respecto a sus compañeras (16).

Número de lactancias, días posparto y producción de leche

Existe la creencia de que estos factores pueden influenciar la presentación del celo en las vacas; sin embargo, se ha podido establecer que el número de partos no afecta significativamente la demostración de los calores en las vacas, y se han obtenido resultados variables en cuanto a los niveles de producción de leche y el número de días en lactancia con respecto a la presencia del celo. Tal vez se puedan atribuir con mayor

certeza a imbalances de tipo nutricional o deficiencias en llenar los requerimientos nutricionales de las vacas de alto valor genético (17,18).

Estado reproductivo del hato y número de vacas en calor

Para poder establecer la cantidad de calores “silentes” o vacas con expresión deficiente del celo, se debe tener en cuenta la relación entre vacas vacías y vacas preñadas, ya que las vacas preñadas generalmente son más pasivas en tratar de montar a las vacas en celo y las vacías son más activas cuando interactúan entre ellas al momento del calor.

En algunos casos unas pocas vacas vacías dentro de un hato pequeño pueden contribuir al problema de los calores “silenciosos” o calores perdidos, y a medida que se incrementa el número de vacas preñadas dentro del hato se disminuye la cantidad de posibles “receladoras” o vacas que ayuden a detectar los celos. También se ha visto alguna relación con la fase del ciclo estral en la que se encuentren la mayoría de las vacas: hacia la mitad del ciclo (metaestro o diestro) es menos probable que traten de montar otras vacas, mientras que las que se encuentran en proestro tienden a montar o ser montadas con mayor facilidad (19,20).

Otro aspecto que se debe tener en cuenta es el número de animales que estén presentando el celo de manera simultánea, situación común en algunos hatos que se manejan con programas de partos estacionales, lotes de novillas o con la implementación de programas de sincronización de calores. Científicos canadienses han demostrado que es mucho más fácil evidenciar los celos cuando más de dos animales están en calor, ya que la frecuencia y cantidad de montas se incrementa (4).

Caracterización de las vacas

Algunas investigaciones se han desarrollado con el fin de determinar mejor los eventos de monta, identificar las vacas en

celo, caracterizarlas y precisar el tiempo óptimo para la inseminación en ganaderías de leche (15,21-24).

En una de ellas, con base en 2.401 vacas analizadas, lograron establecer una caracterización muy práctica que permite explicar los diferentes tipos de vacas, según la duración e intensidad con que manifiestan su comportamiento sexual (24-26) :

Baja intensidad: vacas que presentan celos con menos de 1,5 eventos de monta por hora.

Corta duración: vacas que demoraron menos de 7 horas entre su primero y último eventos de monta.

Alta intensidad: vacas que se dejan montar más de 1,5 veces por hora durante el celo.

Larga duración: vacas que se demoraron más de 7 horas desde el primero hasta el último evento de monta.

FACTORES AMBIENTALES

Tipo de alojamiento

En los sistemas de manejo intensivo y estabulación permanente, como es el caso de la gran mayoría de explotaciones en Norteamérica, el sistema de alojamiento y el tipo de estabulación que se maneje tienen una enorme injerencia en la presentación de calores y la evidencia de los mismos. Esta no es la misma situación de países como Colombia, por lo que no se va a profundizar mucho al respecto.

Tipo de piso

La superficie sobre la cual están paradas las vacas y permanecen la mayor parte del tiempo también es muy importante para que se sientan cómodas y seguras para montar otras vacas y dejarse montar durante el celo. Se han realizado varios estudios comparando actividad de monta en vacas que permanecen sobre piso de tierra (en el campo) con respecto a vacas que permanecen sobre

concreto (27), encontrando una mayor duración del calor y un mayor número de montas en aquellas que permanecían sobre el suelo.

Densidad de vacas en el establo

No existen datos acerca del número ideal de vacas abiertas por unidad de área o por establo para permitirles expresar idealmente el comportamiento del celo, pero el sentido común hace pensar que cuando las vacas están demasiado apretadas o restringidas en un área determinada, no van a poder manifestar el celo correctamente y además podrían llegar a generar montas falsas, tratando de acomodarse en espacios reducidos (10). Esta es una situación común en algunas ganaderías de Colombia, en las que la observación visual de celos se realiza únicamente cuando las vacas vienen a la sala de ordeño o son encerradas en un corral con ese fin, y muchas veces son restringidas al mínimo espacio posible generando falsas montas y, en el caso de que se utilicen ayudas o elementos detectores, las vacas, tratando de acomodarse, rocen involuntariamente el anca de las demás, generando falsos positivos.

Temperatura ambiental

Diversos trabajos de investigación (28) han demostrado que cuando la temperatura ambiente oscila alrededor de 23 °C, la actividad de monta también se incrementa; sin embargo, cuando las temperaturas superaron los 30 °C, límite máximo de confort de las vacas, las montas fueron menos frecuentes. Otros estudios realizados en la Universidad de Purdue ratificaron que las vacas exhibieron mayor actividad de monta en la temporada fría comparada con la época más cálida; sin embargo, durante la temporada caliente las vacas que presentaron celo mostraron más los signos secundarios (28).

FACTORES HUMANOS

Conocimiento de los signos del estro

El conocimiento de los signos del celo es de vital importancia ya que la gran mayoría de las fincas basan sus sistemas de detección de celos en la observación visual por el administrador, el inseminador o los vaqueros. La detección visual del estro depende de la habilidad del encargado del hato para detectar los cambios de comportamiento que tienen lugar durante el estro. Estos cambios son altamente variables entre individuos, lo cual dificulta a veces la evaluación objetiva de los mismos y no se deben tener en cuenta únicamente los signos secundarios para tomar la decisión de aparear o no una vaca, debido al alto margen de error que se puede derivar de ellos (29) (tabla 2).

Tabla 2. Signos de calor asociados con errores de precisión en la detección del celo.

Signo del celo	Porcentaje de error
Comportamiento de monta	2,4
Seguimiento de otras vacas	2,5
Base de la cola despeinada	3,3
Actividad inusual (intranquilidad)	4,2
Bramidos frecuentes	4,6
Presencia de moco en la vulva	5,2
Alteraciones en la producción	8,0
Elemento detector completamente disparado	0,6
Presencia de sangre en la vulva o cola	7,6
Elemento detector parcialmente disparado	20,9

Tomado de (7)

Responsabilidad en la observación

Cuando mucha gente trabaja dentro del hato, se debe asignar una persona que sea la encargada de observar los calores, quien debe estar adecuadamente preparada y entrenada para tal fin, que conozca perfectamente los signos del celo y preferiblemente que conozca muy bien las vacas (10). Además debe tener el tiempo y la paciencia suficiente para cumplir con los periodos de observación que le sean asignados y registrar oportuna y completamente la información en una libreta de bolsillo que luego será trascrita en los libros de diario o los registros individuales de cada vaca según la organización administrativa de cada ganadería. En algunos casos es de particular importancia establecer incentivos económicos que permitan optimizar la detección de celos, minimizando las pérdidas en días abiertos de las vacas (1).

Sistema de identificación

Cualquiera que sea el tamaño de la explotación ganadera y la finalidad de la misma o el tipo racial que se maneje, todos los animales del hato deben estar completa y correctamente identificados, ya sea por medio de orejeras plásticas, chapetas metálicas, tatuajes, marcas de hierro con calor o frío, collares o medallas con el número, bandas plásticas numeradas o sistemas computarizados con microchips que permiten ser leídos por medio de sistemas electrónicos. Sin embargo, se debe tener en cuenta que, cualquiera sea el sistema, debe permitir identificar claramente los animales a una distancia mínima de 2 a 5 metros. Así mismo, estudios médicos han demostrado que una persona con una visión 20/20 puede leer sin problema letras de 1 pulgada a una distancia de 12 a 14 metros, mientras que una persona con visión 20/40 necesitará una distancia de 6 a 7 metros para poder leer el mismo tamaño de letra.

Número de observaciones por día

Se debe establecer una rutina diaria de periodos de observación de calores en el hato, y las vacas y novillas deberían ser monitorizadas por lo menos 3 veces al día. Aunque las horas de observación pueden variar de finca a finca y con cada sistema de manejo, se sugiere realizarla:

- Antes del ordeño de la mañana
- Al comenzar la tarde
- Después de haber finalizado todas las labores de la finca, casi al anochecer.

Si únicamente se pueden realizar dos periodos de observación de calores, entonces deberían ser muy temprano en la mañana y al finalizar la tarde.

Cada periodo de inspección de los animales para detectar los celos debería ser al menos de 20 a 30 minutos (30).

La frecuencia ideal sería de 3 veces diarias durante 60 minutos o 4 veces al día durante 30 minutos para poder alcanzar por lo menos un 70% de detección de celos en los hatos.

Existe una amplia variación entre la frecuencia y el número de montas por vaca; algunas vacas serán muy activas y mostrarán 7 a 8 montas en un periodo de 15 a 20 minutos, mientras que otras pueden recibir únicamente una monta durante el mismo periodo o demorar más de 20 a 30 minutos entre montas.

Hora del día

Algunas veces surgen interrogantes acerca de si las vacas tienen predilección por ciertas horas del día para montarse unas a otras o expresar su comportamiento de celo. Pues bien, estudios realizados en diversas latitudes han demostrado que sí existe una fuerte tendencia a mostrar el celo durante las primeras horas de la mañana y en las últimas del atardecer e incluso durante la noche.

En uno de esos estudios realizado en Canadá (4) las vacas fueron monitorizadas durante las 24 horas del día por videocámaras instaladas en un sistema de "free stall", encontrando que cerca del 70% de las montas sucedieron entre las 7 p. m. y las 7 a. m. . Estas observaciones sugieren que las vacas demuestran mejor el celo cuando no están siendo distraídas por actividades de manejo de la finca, como la alimentación, el ordeño, la limpieza del establo, etc. Además ratifican que las vacas prefieren montar durante los momentos más frescos del día.

En otro estudio realizado en el hato lechero del Centro Agropecuario Marengo (CAM) de la Universidad Nacional de Colombia, en el municipio de Mosquera, se encontró que una elevada proporción (54,4%) de las vacas entraron en celo durante las horas de la noche, lo que concuerda con los datos reportados por otros autores al respecto.

MÉTODOS PARA LA DETECCIÓN DEL CELO

IDENTIFICACIÓN VISUAL

La forma tradicional de detectar los celos ha sido la observación visual de las vacas; sin embargo, este método es un poco tedioso, genera costos adicionales de mano de obra en algunos casos y, dependiendo del personal encargado, puede tener muchas fallas y deficiencias en la exactitud y precisión para detectar e inseminar las vacas o novillas que realmente están en celo (25, 31-32).

Por esta razón se ha desarrollado una variedad de elementos que permiten detectar con mayor facilidad las vacas y novillas en celo y mejorar la eficacia de esta metodología.

IDENTIFICACIÓN VISUAL CON AYUDAS DIAGNÓSTICAS

Manejo de registros

En cualquier sistema de explotación ganadera, y cualquiera que sea el tamaño de la empresa, no importa el sistema de registros

que se use, la información acerca de los eventos reproductivos debería estar siempre a la vista de los empleados involucrados en el tema.

Todos los calores de las novillas, incluso antes del primer servicio, y las vacas, así sea durante el puerperio temprano, deben ser registrados y van a servir como base para determinar la regularidad en la presentación de celos de los animales.

Calendarios de 21 días

En algunos casos las empresas y organizaciones de inseminación artificial distribuyen a sus clientes calendarios especialmente diseñados para poder monitorizar de cerca el comportamiento reproductivo de sus vacas. La mayoría de ellos están organizados en ciclos, de tal forma que entre una casilla y la que está inmediatamente debajo de ella hay 21 días, para poder marcar a partir de la fecha del celo los días en los cuales esa vaca es susceptible de repetir calor y así poderla detectar con mayor eficiencia.

Calendarios de establo

Es un sistema ampliamente usado en algunas ganaderías, que consiste en un tablero grande montado en la pared, dentro del cual generalmente va un calendario en forma de círculo con diferentes convenciones y pines, o chinchas de colores que permiten distribuir los animales de acuerdo con la fecha del evento reproductivo presentado (partos, calores, servicios, montas, secado, etc.) en función de la semana o mes de ocurrencia.

Listados de acción

Algunos programas de manejo de hatos por computador (Interherd®, Ganadero®, Vaquitec®, Taurus®, Dairy live®, DHI®, Allpro®) tienen la capacidad de generar diferentes listados de vacas que requieren especial atención por estar próximas a presentar algún evento reproductivo en los días siguientes a la impresión del reporte.

Uno de esos listados de atención corresponde a las vacas que están próximas

a retornar en celo o que no han sido vistas en calor después del parto. Así mismo, se podrían incluir en el listado los animales que van a parir o se deben secar dentro de la semana o mes siguiente.

A partir de estos sistemas de manejo de información y de registros se puede implementar una metodología para “marcar” de alguna forma las vacas listadas y así poderles hacer un seguimiento más estrecho dentro del hato, concentrando los esfuerzos en los animales de mayor interés y que han sido resaltados en el listado .

MÉTODOS NO ELECTRÓNICOS

Tiza o pintura en la base de la cola

Marcar la base de la cola con tiza, pintura para detección de calores o lápiz marcador de ganado es un método fácil de aplicar, de rápida ejecución y sobre todo menos costoso que el uso de otro tipo de marcadores como el K-Mar[®], Bovine Beacon[®] o Estrus Alert[®], por lo cual ha venido ganando popularidad en muchos países y en diferentes tipo de hatos.

Marcas de 20 a 30 cm de longitud y unos 6 a 8 cm de ancho realizadas a lo largo de la base de la cola, en el mismo sentido del pelo, y de un color que resalte muy bien y contraste fuertemente con el color natural de la vaca, son suficientes para detectar bien los animales que se dejarán montar durante algún tiempo (7).

La aplicación de la pintura es un poco más demorada de realizar pero asegura una mayor duración de la marca, sobre todo en condiciones ambientales adversas (lluvias excesivas) que pueden borrar rápidamente las marcas realizadas con crayones o lápices marcadores de ganado, por lo que estas últimas deberán remarcarse cada 3 o 4 días; sin embargo, algo positivo de esta técnica es que durante la marcación el operario puede realizar simultáneamente una inspección muy de cerca sobre la posible presentación

de signos secundarios de celo (anca raspada, descargas de moco, flancos sucios, pelo desordenado, edema y congestión de la vulva, descargas vaginales anormales e incluso sangrado del metaestro). En la mayoría de los casos y en hatos grandes muchos de ellos podrían haber pasado desapercibidos (10). Como en el caso de los parches y otros elementos, pueden ocurrir falsos positivos, principalmente cuando las vacas tienen acceso a diferentes sistemas de alojamiento, construcciones o instalaciones donde tengan que pasar por debajo de estructuras.

K-Mar[®] y Bovine Beacon[®]

Son dispositivos sensibles a la presión que permiten detectar los animales que han sido montados por medio de un sistema de cambio de color. Inicialmente son blancos (revestimiento externo) pero dentro portan un cápsula de tinta roja que es liberada cuando la vaca o novilla se deja montar durante varios segundos .

Estos dispositivos se pegan por encima de la base de la cola, en la línea media entre los coxales de la vaca, y un poco más adelante en las vacas pequeñas.

Dependiendo del sistema de manejo de la finca, se pueden colocar estratégicamente en varios grupos de animales: vacas posparto que no han mostrado celo, vacas que han cumplido su periodo voluntario de espera, vacas que están llegando al periodo crítico cercano a los 21 días de haber sido inseminadas y vacas o novillas que han sido sincronizadas.

Cuando los dispositivos se pegan muy atrás sobre la base de la cola, en animales pequeños, pueden generar falsos positivos; así como en los casos de animales confinados en espacios reducidos o altamente infestados de mosca, por lo que necesitan espantar los parásitos con la cola o rascarse contra alguna superficie o estructura.

Un estudio realizado en ganaderías de carne mostró que la efectividad de este método se acerca a 70% cuando se utilizó en protocolos de IATF y las vacas fueron inseminadas 80 horas después de la aplicación de la PGF2 α

Sin embargo, cuando los dispositivos aparecían parcialmente disparados o se cayeron de los animales, los porcentajes de preñez disminuyeron de manera notable.

Estru\$ Alert®

Al igual que los dispositivos anteriormente mencionados, los parches detectores de celo funcionan colocados en el mismo sitio y bajo las mismas condiciones y características descritas allí. No obstante, su mecanismo de acción es diferente ya que en los parches existe una superficie de recubrimiento, color plata brillante, cuyo fondo puede variar (rojo, fucsia, verde o azul) dependiendo del color de la raza con la que se va a utilizar.

Cuando las vacas o novillas están en celo y a medida que se van dejando montar y las van frotando otras vacas, la superficie brillante va desapareciendo hasta permitir la exposición total del color de fondo.

MÉTODOS ELECTRÓNICOS

Circuito cerrado de TV

En los casos de ganaderías o explotaciones intensivas con sistemas de manejo estabulado, se podría pensar en la instalación de un circuito cerrado de TV con cámaras que permanezcan monitorizando los animales las 24 horas del día durante todos los días del año.

Sin embargo, este método es un poco costoso tanto en la inversión inicial de equipos e infraestructura como en el tiempo que se debe invertir en la revisión diaria de cada una de las cintas de grabación, por lo cual prácticamente ya no se utiliza.

Medidores de actividad: pedómetros y collares

Estudios han demostrado que la actividad física de las vacas y novillas en celo se puede incrementar desde 120 hasta 380% durante el día del estro (17); por eso la industria de implementos para ganadería ha desarrollado a lo largo de años de investigación diversos tipos de medidores de actividad, como los podómetros y collares que portan dispositivos electrónicos capaces de captar la información de la actividad diaria de un individuo y luego enviarlos a un receptor, de tal manera que este pueda procesarla y generar un reporte diario del ejercicio realizado (33-34).

Actualmente las empresas fabricantes de equipos de ordeño e instalaciones para el manejo de animales en confinamiento han diseñado varios tipos de dispositivos que miden la actividad:

- Rescounter II®, componente del software Dairy Plan C21 de Westfalia Surge.
- Alpro®, sistema de medición de actividad de De Laval.
- CowTrakker® PID/estrus detection tag, de Bou Matic.

Medidores de conductividad eléctrica

Es un aparato electrónico provisto de una sonda larga para introducción vía vaginal y un mango cuyo cerebro permite detectar y visualizar los cambios en la conductividad eléctrica del moco vaginal que se dan durante los momentos previos a la ovulación en las vacas (1).

Tiene el inconveniente que debe ser aplicado 3 a 4 días antes del celo esperado y además se deben tomar dos lecturas diarias durante varios días consecutivos, por lo que es difícil de utilizar.

Actualmente es fabricado y comercializado por la marca de equipos electrónicos

para agricultura y ganadería Draminski, de origen polaco.

Tattle Tale®

El detector de celo Tattle Tale® es un instrumento sumamente preciso que cronometra, muestra y registra la información de cada periodo de aceptación de la monta con una inmovilidad de 3 segundos de una vaca, previamente a la ovulación. Este dispositivo se debe colocar dentro de un parche de vinilo, luego se pega el parche a la base de la cola de la vaca, igual que se haría con cualquier otro instrumento para la detección del celo.

Cuando la vaca permanece inmóvil tres segundos completos durante una monta, se activa un cronómetro de 12 horas y el aparato comienza a mostrar la hora y la actividad estral de la vaca.

El dispositivo cuenta con 12 señales luminosas, una para cada hora, es decir que las ventanas de observación del mismo deben ser cada 10 a 12 horas para lograr una mayor eficiencia. Un destello largo de la luz indica la hora que se analiza, mientras que los destellos cortos muestran la cantidad de montas en ese periodo. Si se cuentan los destellos cortos de cada hora, podrá saberse la cantidad de veces que la vaca permaneció inmóvil durante la monta en cada una de esas 12 horas.

Es fabricado y comercializado por la compañía norteamericana Microdyne.

Heat Watch®

Es un sistema electrónico de radiofrecuencia para comunicación de datos (RFDC) que detecta el comienzo del celo en ganaderías de leche y carne, fabricado por la compañía DDx de Denver (Estados Unidos). El sistema utiliza un transmisor de radio miniatura (2"x3"x1") provisto de una batería de litio reemplazable que se coloca dentro de un parche desechable y luego se adhiere encima de la base de la cola.

Cuando la vaca es montada, se envía una señal de radio a un pequeño receptor situado en una antena central, desde el cual es retransmitida a un regulador que la envía finalmente al computador central de la finca (7).

El computador almacena toda la información de las montas recibidas hasta que el encargado revisa el software de detección de celos y genera e imprime un reporte que indica la fecha y hora exacta en la que cada vaca comenzó el estro (35).

Los fabricantes sostienen que este sistema incrementa la tasa de detección de calores desde un 50-55% (promedio de Estados Unidos) hasta cerca del 95%. Sin embargo, estudios que comparan sistemas electrónicos de detección de calores han reportado resultados variables: 93,9% (28), 45,9% (36), al parecer influenciados por algunas condiciones ambientales.

ANIMALES RECELADORES PROVISTOS DE CHIN-BALL®

Los animales detectores de celo pueden convertirse en una herramienta importante dentro del manejo reproductivo del hato; son ampliamente utilizados en ganaderías de carne y mejoran notablemente los porcentajes de detección cuando son combinados con periodos frecuentes de observación visual y son dotados de un arnés que porta una cámara dispensadora de tinta de color brillante denominada Chin-ball®.

Sin embargo, la mayoría de reportes concuerda en el hecho de que estos animales son potencialmente peligrosos para el personal encargado del manejo del hato debido a su agresividad variable.

Toros calentadores o receladores

Existen varios procedimientos quirúrgicos para alterar los toros y evitar que puedan preñar las vacas, dentro de los cuales se han reportado: desviación o alteración quirúrgica de la salida del pene (variaciones de

la técnica), vasectomía, corte del ligamento apical dorsal del pene o colocación de un dispositivo “pen-o-block®”.

La alteración quirúrgica del pene del toro para prevenir la penetración de las hembras puede ser generalmente más costosa que la vasectomía, pero es el método preferido por cuanto los toros vasectomizados tienen el riesgo manifiesto de transmitir enfermedades entre vacas y contribuir a la aparición de algunas patologías en el hato con la introducción del pene dentro de la vagina (10).

La principal desventaja de este método es el riesgo de mantener un animal potencialmente peligroso para el personal encargado, además de los costos de la cirugía y el mantenimiento mismo del toro en la finca.

También se ha reportado que algunos de estos animales pueden alcanzar una condición corporal muy alta y volverse muy pesados, por lo cual generalmente su libido decrece y disminuye su porcentaje de efectividad.

Hembras androgenizadas

La testosterona (hormona masculina por excelencia) puede causar un incremento de la actividad y agresividad sexual cuando se administra a las hembras. Vacas o novillas de descarte, eventualmente “freemartin”, son buenas candidatas para la masculinización o androgenización.

Un protocolo de tratamiento común para esta práctica es la administración de 200 mg de propionato de testosterona, vía intramuscular, diariamente por tres semanas. Algunos veterinarios usan dosis más altas (500 a 600 mg) una vez por semana o 2 gramos de enantato de testosterona vía oral por dos veces. Cuando la hembra inicia su actividad de monta se puede continuar con una dosis de mantenimiento cada 10 a 14 días. El intervalo entre las dosis de mantenimiento debe ajustarse de acuerdo con la respuesta del animal y la actividad en el hato.

Otros profesionales prefieren el uso de implantes subcutáneos de Synovex® (preparado comercial a base de testosterona y estradiol) para el mantenimiento del programa.

Los resultados obtenidos en un ensayo de campo que comparó tres métodos de detección de celos (observación visual, toros desviados y vacas androgenizadas) en una ganadería de carne no arrojaron diferencias estadísticamente significativas para la tasa de concepción, e incluso mostraron un porcentaje de detección de calores más alto para el grupo de animales que permanecieron con las vacas tratadas con testosterona.

PRUEBAS DE LABORATORIO

El famoso evento de “todo o nada” puede aplicarse respecto a la progesterona, ya que las concentraciones séricas de esta hormona son muy bajas durante el proestro y estro, lo cual es un requisito para el incremento de las demás hormonas responsables del comportamiento del estro (5).

Por esta razón, una de las pruebas más confiables y precisas para determinar la presencia o ausencia del celo desde el laboratorio es la medición de los niveles séricos de la progesterona, para lo cual existen diversas técnicas, no solo de investigación sino comerciales, que permiten establecer los perfiles hormonales de P4 durante diferentes fases del ciclo estral en las vacas.

La prueba de progesterona en leche puede ser usada para la confirmación de un calor sospechoso en alguna vaca, así como un indicador temprano de la preñez, junto con unos buenos registros (37). Los resultados de la prueba de progesterona en leche se interpretarán así:

- A. Vacas sospechosas de estar iniciando en calor:
 - a. Alta progesterona = no está en celo
 - b. Baja progesterona = puede estar empezando el celo

B. Vacas potencialmente preñadas (la muestra debe ser colectada 21-24 días después de la última inseminación):

- a. Alta progesterona = puede estar preñada, confirmar luego.
- b. Baja progesterona = vacía

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA PARA DETECTAR CALORES

En cualquier tipo de ganadería se deben realizar evaluaciones periódicas acerca de la eficiencia en detección de celos comparándola con unos objetivos que sean reales y ajustados al tipo de explotación y sistema de manejo que se tiene.

Un sistema completo de registros debe incluir todos los calores, servicios, partos y hallazgos de los exámenes reproductivos para poder calcular con precisión y exactitud el comportamiento de los diferentes parámetros reproductivos dentro de la finca.

No es requisito indispensable contar con registros computarizados para poder calcular dichos indicadores, aunque la mayoría de programas de manejo de ganaderías los pueden hacer.

Existe una importante diferencia entre precisión y eficiencia en la detección de celos. Una detección de calores imprecisa o inexacta hará que las vacas sean inseminadas cuando realmente no están en celo. Numerosos estudios usando pruebas de progesterona en leche han demostrado que entre el 5 y 15% de las vacas son inseminadas

sin estar presentando un calor verdadero. La ineficiencia para detectar calores hará que muchos animales no sean observados en calor o, dicho de otra manera, se reporte un número elevado de calores perdidos.

Cuando se combinan las dos circunstancias dentro del mismo hato, se pueden incrementar notablemente los días abiertos y afectar los demás parámetros.

FÓRMULAS PARA CALCULAR LA EFICIENCIA EN DETECCIÓN DE CALORES

Existen diferentes maneras de calcular las tasas de detección de celos, y algunas variaciones de acuerdo con el autor o la fuente consultada; sin embargo, cualquiera de ellas lleva a expresar el porcentaje de vacas detectadas en celo, lo cual provee una medida de la intensidad con la cual se evidencia el estro, pero no es una medida de precisión.

Igualmente se debe tener en cuenta que el uso frecuente de prostaglandinas en un hato induce un número determinado de calores y altera los intervalos interestrales, acortándolos y pudiendo generar distorsiones de los cálculos.

Porcentaje de posibles calores detectados

Para encontrar este parámetro se divide el número total de servicios y calores reportados para un grupo de vacas durante un periodo específico por el total de días en el periodo dividido entre 21.

Esta es una de las fórmulas más utilizadas en ganaderías de carne.

$$\% \text{ Calores detectados} : \frac{\text{Calores observados}}{(\text{Total de vacas observadas en celo en el periodo} \div 21)} \times 100$$

Ejemplo: si se observaron 30 celos en un grupo de 70 vacas durante un periodo de 34 días, el porcentaje de calores detectados sería:

$$\frac{30}{(70 \times 34) \div 21} \times 100 = 26,4 \% \text{ detección de celos}$$

Porcentaje de calores inseminables detectados

Un calor inseminable se define como cualquiera de los estros ocurridos después de que las vacas han cumplido el periodo de espera voluntario (PEV) establecido en cada uno de los hatos.

El PEV se define como el tiempo que transcurre desde el parto hasta el momento en que el asesor de la ganadería considera que las vacas deben ser inseminadas de nuevo.

La fórmula para calcularlo es:

$$\text{Calores inseminables} : \frac{\text{Promedio de días abiertos} - (\text{PEV} + 10)}{21} + 1$$

Si el PEV en la finca es de 50 días, el primer calor inseminable debería ser detectado en promedio a los 60 días posparto, ya que 10 días es la mitad de un ciclo estral.

$$\% \text{ Calores inseminables detectados} : \frac{\text{No. calores detectados} / \text{No. vacas}}{\text{No. calores inseminables}} \times 100$$

Para que este índice sea preciso, todos los calores observados deben registrarse y el porcentaje de calores inseminables detectados no estará afectado por la tasa de concepción o la decisión de demorar el primer servicio posparto.

Eficiencia en la detección de calores

Existen varias fórmulas para calcular la eficiencia en la detección de calores en una ganadería:

Método del intervalo interestros

Un ciclo estral normal es dividido por el promedio del intervalo entre servicios o calores consecutivos para todas las vacas elegibles.

$$\text{Detección de celos} : \frac{21 \text{ (ciclo estral normal)}}{\text{Promedio intervalo interestros}} \times 100\%$$

$$\text{Ejemplo} : \frac{21}{32} \times 100\% = 65,6\%$$

Método del intervalo entre apareamientos (IEA)

Estos son buenos indicadores de la eficiencia en la detección de calores después del primer servicio. Días abiertos = DA. Se puede calcular a partir del número de vacas preñadas o del número de vacas servidas.

Vacas preñadas

a) Intervalo entre apareamientos usando los días al primer servicio posparto (PSPP):

$$\text{IEA} : \frac{\text{DA (vacas preñadas)} - \text{DPSPP}}{(\text{Servicios} \times \text{concepción} - 1)}$$

$$\text{Ejemplo} : \frac{165 - 67}{(2,3 - 1)} = 75,38$$

b) Intervalo entre apareamientos usando el periodo voluntario de espera (PEV):

$$\text{IEA} : \frac{\text{DA (vacas preñadas)} - (\text{PEV} + 10)}{(\text{Servicios} \times \text{concepción} - 1)}$$

$$\text{Ejemplo: } \frac{165 - (50 + 10)}{(2,3 - 1)} = 80,76$$

Vacas servidas

Los servicios por vaca incluyen el número de servicios para vacas preñadas, vacas examinadas para preñez y diagnosticadas abiertas y vacas servidas que no han cumplido el tiempo suficiente para diagnóstico de preñez.

a) Intervalo entre apareamientos usando los días al primer servicio posparto (PSPP):

$$\text{IEA: } \frac{\text{DA (Todas las vacas servidas)} - \text{DPSPP}}{(\text{Servicios x vaca} - 1)}$$

DA (Todas las vacas servidas) - DPSPP

b) Intervalo entre apareamientos usando el periodo voluntario de espera (PEV):

$$\text{IEA: } \frac{\text{DA (Todas las vacas servidas)} - (\text{PEV} + 10)}{(\text{Servicios x vaca} - 1)}$$

Ejemplo: para una ganadería con los siguientes parámetros DA = 126, DPSPP = 85 y servicios x vaca = 2:

$$\text{IEA: } \frac{126 - 85}{(2 - 1)} = 41$$

Se reportan (39,39) relaciones directas entre algunos de los parámetros reproductivos y el porcentaje o la eficiencia en la detección de calores en los hatos que perfectamente pueden servir como base para evidenciar problemas en este aspecto dentro de las explotaciones ganaderas.

De acuerdo con el intervalo entre apareamientos, se puede encontrar el porcentaje de calores detectados (tabla 3).

Tabla 3. Estimación del porcentaje de calores detectados basado en el intervalo entre apareamientos.

Intervalo entre apareamientos	% Calores detectados
23	91
26	81
30	70
35	60
41	51
50	42
60	35

Fuente (38).

En una ganadería de la cual se tenga toda la información con respecto a los parámetros reproductivos, incluyendo días al primer servicio posparto, días abiertos y tasa de concepción, se puede utilizar el promedio de los días al primer servicio, la tasa de concepción o los días abiertos para calcular la eficiencia en detectar los calores.

CARACTERÍSTICAS DE LOS HATOS CON ERRORES EN LA DETECCIÓN DE CALORES

- Los intervalos interestrales entre 3 y 17 días exceden el 10%.
- Los intervalos interestrales entre 25 y 35 días exceden el 10-15%.
- Vacas inseminadas en un día que vuelven a ser presentadas como en calor dentro de los tres días siguientes no deben exceder el 5%.
- Muchas vacas son confirmadas preñadas de un servicio más temprano que el último reportado.

- Muchas vacas paren normalmente tres a seis semanas antes de la fecha programada de parto.

CARACTERÍSTICAS DE LOS HATOS CON CALORES PERDIDOS

- Muy pocos calores son observados y registrados antes del primer servicio posparto.
- El promedio de días al primer servicio posparto sobrepasa los 80 días cuando el periodo voluntario de espera es de 60 días.
- El intervalo promedio entre servicios (montas) o inseminaciones excede 30 días.
- Intervalos interestrales entre 38 y 45 días y entre 55 y 65 días son mayores del 15%.

PRINCIPALES OBJETIVOS EN DETECCIÓN DE CALORES

Vacas detectadas en estro antes de los 60 días posparto:	85%
Promedio de días al primer servicio posparto:	75
Intervalos interestrales entre 18 y 24 días:	≥60%
Relación entre ciclos de 18-24 días vs. 36-48 días	4:1
Detección de calores	≥70%

ESTRATEGIAS PARA MEJORAR LA DETECCIÓN DE CALORES EN LAS FINCAS

Capacitación del personal a cargo: como se trató en el aparte de factores humanos de manejo, todas las personas que tienen que ver con el programa de detección de calores deben conocer muy bien los signos primarios y secundarios del celo en las vacas.

Identificar completa y adecuadamente todos los animales del hato: es imposible

denunciar los animales que presentan comportamiento sexual cuando ni siquiera están identificados plenamente.

Combinar la inspección visual con por lo menos uno de los métodos mencionados anteriormente.

Seleccionar el método que mejor se ajuste al sistema de manejo y presupuesto de la ganadería.

Llevar registros oportunos y confiables: para cualquier empresa ganadera uno de los puntos críticos y más importantes es mantener al día la información con respecto al comportamiento y desempeño de todas y cada una de sus unidades productivas, que en este caso son las vacas y novillas.

Analizar los registros y trazar metas alcanzables.

Uso de la biotecnología de transferencia de embriones para minimizar el estrés calórico.

Cuando todas las herramientas anteriores han fracasado y prácticamente ha sido imposible montar un programa de detección de celos eficiente, se podría pensar en el establecimiento de protocolos de sincronización de calores para inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), una de las técnicas más utilizadas dentro de la industria de la inseminación artificial moderna en hatos tecnificados.

REFERENCIAS

1. Lucy et ál. Mechanisms linking production and reproduction; 2003.
2. Goehring T. Heat detection of beef cattle. In: Beef Cattle Handbook-2310. South Dakota State University; 2003.
3. Saumande, Humbolt. Estrus to the LH surge. Anim. Reprod. Sci. 2005; 85:171-82.
4. Hurnick JF, King GJ, Robertson HA. Estrous and related behavior in postpartum holstein cows. Appl. Anim. Ethol. 1975; 2:55-68.

5. Allrich RD. Endocrine and neural control of estrus in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 1994; 77:2738-44.
6. Heersche G, Nebel R. Measuring efficiency and accuracy of detection of estrus. *J. Dairy Sci* 1994; 77:2754.
7. Marcincowski D. Heat detection: Problems, evaluation and solutions. Western Large Herd Management Conference. University of Maine cooperative extension. Orono, ME; 1993. pp. 48-55.
8. Senger PL. The estrus detection problem: New concepts, technologies, and possibilities. *J. Dairy Sci.* 1994; 77:2745-53.
9. Roelofs et ál. Detection of estrus with activity measurements. *Theriogenology* 2005; 64:1690-703.
10. Nebel RL et ál. Automated electronic systems for the detection of oestrus and timing of AI in cattle. *Animal Reproduction Science* 2000; 60-61:713-23.
11. Hurnick JF, King GJ. Estrous behavior in confined beef cows. *J. Anim. Sci.* 1987; 65:431-8.
12. Wiltbank et ál. Milk production and duration of estrus. *Theriogenology* 2006; 65:17-29.
13. Vailes et ál. Estrus expression in ovarietomized cows. *J. Anim. Sci.* 1992; 70:2094-103.
14. Butler WR, Smith RD. Interrelationships between energy balance and post partum reproductive function. *Journal of Dairy Science* 1989; 72:767-87.
15. Pennington JA. Heat detection in dairy cattle. University of Arkansas, Division of Agriculture, Cooperative extension service; 2006.
16. Lucey S, Rowlands GJ, Russell AM. The association between lameness and fertility in dairy cows. *Vet. Rec.* 1986; 118: 628-34.
17. Yaniz et ál. Milk production and activity. *Theriogenology* 2006; 66:1943-50.
18. Van Eerdenburg FJM, Karthaus D, Taverne MAM, Merics I, Szenci O. The relationship between estros behavioral score and time of ovulation in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 2002; 85:1150.
19. Lammoglia et ál. Postpartum beef cows treated with CIDR and PGF2. *J. Anim. Sci.* 1998; 76:1662-70.
20. Rorie RW, Bilby TR, Lester TD. Application of electronic estrus detection technologies to reproductive management of cattle. *Therio* 2002; 57:137-46.
21. Allawneh et ál. Oestrus detection strip with computer analysis. *New Zealand Veterinary Journal* 2006; 54:73-7.
22. Diskin MG, Sreenan JM. Expression and detection of oestrus in cattle. *Reproduction, Nutrition and Development* 2000; 40: 481-91.
23. Firk et ál. Electronic detection systems. 2002.
24. López et ál. Type of estrus cows. *Theriogenology* 2004; 81:209-23.
25. Dransfield M, Nebel R, Pearson R, Warnick L. Timing of insemination for dairy cows identified in estrus by a radiotelemetric estrus detection system. *Journal of Dairy Science* 1998; 81:1874-82.
26. Stevenson JS. A review of oestrous behavior and detection in dairy cows. *Fertility in the High Producing Dairy Cow* 2001; 1:43-62.
27. Britt J, Scott R, Armstrong J, Whitacre M. Determinants of estrous behavior in lactating holstein cows. *Journal of Dairy Science* 1986; 69:2195-202.
28. Hansen PJ. Managing the heat-stressed cow to improve reproduction. University of Florida. Proceedings of the 7th western dairy management conference. Reno, NV; 2005. p. 63.
29. Mac Millan J. Time to pin down infertile culprits. *Australian Weekly Times*; 2006.
30. Peralta OA, Pearson RE, Nebel RL. Comparison of three estrus detection systems during summer heat stress in a large commercial dairy herd. *Anim. Reprod. Sci.* 2005; 87:59-72.

31. At-Taras E, Spahr S. Detection and characterization of estrus in dairy cattle with an electronic heatmount detector and an electronic activity tag. *Journal of Dairy Science* 2001; 84:792-8.
32. O'Connor M. Heat detection and timing of insemination for cattle. Pennsylvania State University extension circular 402; 1993.
33. Kiddy CA. Variation in physical activity as an indication of estrus in dairy cows. *J. Dairy Science* 1977; 60:235.
34. Peterson et ál. Progesterone profiles in dairy cows; 2006.
35. Gentry GT Jr, Hylan D, Carter JA, Godke RA. New electronic heat detection for beef cattle. Agricultural Center of Louisiana State University; 2004.
36. Pancarci SM, Jordan ER, Risco CA, Schouten MJ, Lopes FL, Moreira F, Thatcher WW. Use of estradiol cypionate in a presynchronized timed artificial insemination program for lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 2002; 85:122-31.
37. Keown JF, Kononoff PJ. Estrus (heat) detection guidelines. Dairy breeding and reproduction. University of Nebraska-Lincoln extension educational programs; 2007.
38. Grusenmeyer et ál. Western Regional Extensión Publication 1983; 67.
39. McGuillard M et ál. Dairy guideline 54: Evaluating heat detection. Virginia Polytechnic Institute and State University; 1979.