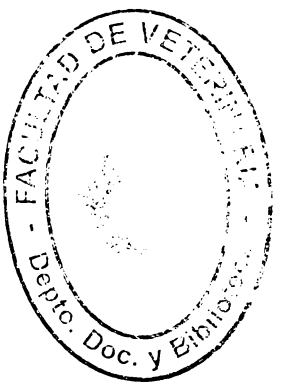
UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE VETERINARIA

MÉTODOS DE DETECCIÓN DEL CELO EN BOVINOS: OBSERVACIÓN VISUAL Y COMPLEMENTARIOS Y/O AUXILIARES

por

Br. Nielsen Roberto BLANCO DAGHERO



TESIS DE GRADO presentada como uno de los requisitos para obtener el título de Doctor en Ciencias Veterinarias
Orientación: Producción Animal

MODALIDAD Revisión Bibliográfica

TG 169
Metodos
FV/28541

MONTEVIDEO
URUGUAY
2009

PÁGINA DE APROBACIÓN

Presidente de Mesa:

Dr. Alfredo Ferraris

Segundo Miembro (Tutor):

Dr. José Eduardo Blanc

Tercer Miembro:

Dr. Jorge Gil

Fecha: 6 de abril, 2010

Autor:

Nielsen Roberto Blanco Daghero

FACULTAD DE VETERINARIA

Aprobado con 8 (ocho)

AGRADECIMIENTOS

- Al Dr. José E. Blanc por haberme brindado la oportunidad de realizar este trabajo como así también su apoyo, dedicación y tiempo en forma incondicional en todo momento.
- A mi familia por el gran esfuerzo realizado en aras de llevar a cabo la carrera y todo el apoyo brindado de forma incondicional durante los años de estudio.
- A los compañeros y profesores de esta casa de estudio tanto de Montevideo, Paysandú y Ecilda Paullier, como así también a los profesionales particulares por su invalorable aporte a mi formación personal y profesional.
- A los amigos de todas las horas por estar siempre presentes.
- A los funcionarios de ésta casa de estudios especialmente a los de Biblioteca y Hemeroteca por el apoyo brindado.

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros:

Cuadro I. Algunos valores del promedio de duración del celo en bovinos.....8

Cuadro II Escala de puntos para el comportamiento estral.....20

Cuadro III Diferentes dispositivos de ayuda a la detección de celos.....25

Cuadro IV Diferentes tipos de animales marcadores. Ventajas y desventajas.....41

Cuadro V Eficiencia/exactitud en la detección de celo con podómetros comparado con la observación visual dos o tres veces por día.....46

Figuras:

Figura 1. Distribución del comienzo del celo a diferentes horas del día para 393 vaquillonas monitoreadas por radiotelemetría.....7

Figura 2. Distribución del comienzo del celo a diferentes horas del día para 1075 vacas monitoreadas por radiotelemetría.....7

Figura 3. Ocurrencia de los diferentes comportamientos durante el celo.....14

Figura 4. Reflejo de pasividad a la monta durante el periodo de celo.....16

Figura 5. Diferentes comportamientos de celo relacionados al momento optimo de IA.....17

Figura 6. Pomos y aerosoles de pintura para base de la cola.....26

Figura 7. Aplicación de la pintura en base de la cola.....26

Figura 8. Animales pintados para la detección de celos.....27

Figura 9. Pintura en base de la cola recién aplicada y luego de varias montas.....28

Figura 10. Pintura en base de la cola luego de algunas montas.....28

Figura 11. Etiquetas detectoras, evidenciando desde una hasta varias montas efectuadas.....30

Figura 12. Animales con etiquetas detectoras de actividad de monta.....31

Figura 13. Dispositivo Kamar®. 32

Figura 14. Dispositivo Bovine Beacon®. Ampollas con pintura para detección de celos.....32

Figura 15. Sistema Heat Watch®.....34

Figura 16. Contador de número de montas.....37

Figura 17. Fotos del bozal Chin-Ball en un animal marcador.....39

Figura 18. Animales marcadores con el dispositivo chin-ball.....40

Figura 19. Dispositivo Chin-ball.....42

Figura 20. Dispositivos para medir la actividad física.....43

Figura 21. Actividad de una vaca, evidenciando el aumento en la actividad durante dos ciclos estrales. Durante el primer estro, la vaca realizó 15.800 pasos; durante el segundo 13.600 pasos.....44

Figura 22. Diferentes tipos de podómetros.....47

Figura 23. Podómetro ligado al miembro del animal.....48

Figura 24. Sonda para la medición de la REV.....50

Figura 25. Elevación de la temperatura vaginal durante el estro.....58

Figura 26. Planilla de predicción de celo.....74

TABLA DE CONTENIDO

Página

PÁGINA DE APROBACIÓN.....II

AGRADECIMIENTOS.....III
LISTAS DE CUADROS Y FIGURAS.....IV

1. RESUMEN.....1

2. SUMMARY.....1

3. INTRODUCCIÓN.....2
4. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL TEMA.....3
5. OBJETIVOS.....3
5.1. GENERAL.....3
5.2. PARTICULAR.....4
6. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....4
6.1. CICLO ESTRAL.....10
6.1.1. Etapas del ciclo estral.....11
6.1.1.1. Proestro.....11
6.1.1.2. Estro.....11
6.1.1.3. Metaestro.....12
6.1.1.4. Diestro.....12
6.2. SIGNOS DE CELO.....13
7. MÉTODOS COMPLEMENTARIOS Y/O AUXILIARES A LA DETECCIÓN DE CELOS.....15
7.1. OBSERVACIÓN VISUAL.....19
7.1.1. Factores que limitan el método por observación visual.....23
7.1.2. Grabaciones en video, circuito cerrado de televisión.....23
7.2. MÉTODOS DETECTORES DE PASIVIDAD A LA MONTA.....25
7.2.1. Pinturas, tizas y crayones.....26
7.2.2. Etiquetas detectoras de monta.....29
7.2.3. Ampollas con pintura.....32
7.2.4. Dispositivos radio-telemétricos.....34
7.2.5. Dispositivos contadores de montas.....36
7.2.6. Animales marcadores.....38
7.3. MÉTODOS BASADOS EN LA MEDICIÓN DE LA ACTIVIDAD FÍSICA.....42
7.3.1 Podómetros y collares.....43
7.4. MÉTODOS DETECTORES DE CAMBIOS NO VISUALES.....50
7.4.1. Resistencia eléctrica vaginal.....50
7.4.2. Cambios en la temperatura corporal.....56
7.4.3. Elevación de la temperatura de la leche.....60
7.4.4. Medición de la progesterona.....61
7.4.5. Detección de olores relacionados al celo.....63
7.4.6. Disminución de la producción de leche e ingesta de alimentos.....66
7.5. MÉTODOS BASADOS EN EL CONTROL DEL CICLO ESTRAL.....67
7.5.1. Prostaglandinas.....69

7.5.2. Progestágenos.....70
7.5.3. GnRH.....71
7.5.4. Estrógenos.....72
7.5.5. Calendarios de control de celo.....73
8. CONCLUSIONES.....75
9. BIBLIOGRAFÍA.....77

1. RESUMEN

El objetivo de esta revisión es tratar de mostrar en forma clara y precisa como utilizar los métodos de detección de celos en bovinos para ayudar a detener el deterioro de los indicadores reproductivos que se han presentado en los últimos años. Los mismos pueden ayudar en la detección de celos como forma de maximizar la eficiencia reproductiva de los rodeos. El método mas usado es el reflejo de pasividad pues es el principal y más confiable síntoma de celo para la inseminación o posterior servicio. Al no presentarse en todos los animales, es necesario conocer otros signos que se manifiestan durante el celo. Tanto información nacional como extranjera muestran al factor humano como gran responsable de los bajos índices reproductivos ya sea a la hora de detectar correctamente al animal en celo como para interpretar los diferentes métodos de ayuda usados para la correcta detección. Los altos índices de producción individual así como numerosos factores estresantes probablemente ambientales o genéticos juegan un importante rol en la baja eficiencia reproductiva posiblemente debido a diferentes intensidades en las manifestaciones de los celos, llevando invariablemente a menor producción de leche como también un menor número de terneros a lo largo de vida productiva de la vaca.

2. SUMMARY

The aim of this thesis is trying to show clear and precisely how the existing methods can be used to help stop the decaying of the reproductive traits that has appeared in the last few years. They can aid in the detection of estrus as a way of maximizing the reproductive efficiency in herds. In general the most used method is the standing behavior, because it is the main and most reliable symptom of estrus for the insemination or later service. As it is not present in all animals it is necessary to know the other signs that appear during the estrus. The national and international information refer to the human factor as the greatest responsible for the low reproductive levels not only at the time of the correct detection of the animal in estrus but also to interpret the different helping methods used to do the accurate detection. High milk yield individuals, as well as several stressing factors probably environmental or genetic, play an important role on the low reproductive efficiency, possibly owing to the different intensities in the expressions of estrus behavior, taking to low production of milk and calf in the entire productive life of the cow.

3. INTRODUCCIÓN

Los factores que intervienen en la eficiencia reproductiva del ganado son de origen multifactorial: genéticos, climáticos, de manejo, nutricionales, infecciosos y hormonales (Hafez, 2000).

De los diferentes factores que influyen en la fertilidad del ganado lechero, los medio ambientales (climáticos, atención al parto, detección de celos, técnica de inseminación, nutrición, infecciosos, etc.) son los de mayor importancia (80%), mientras que los de origen genético influirían en un grado menor 20% (Lotthammer, 1992).

La evolución de la eficiencia reproductiva de los rodeos lecheros de EEUU ha disminuido en los últimos años, de un 60% de porcentaje de preñez al primer servicio en vacas en lactación en el año 1955, a un 40 % en el año 1995 (Wiltbank, 1998).

La ganancia genética en producción de leche alcanza valores de 1,5% por año, debido al uso efectivo de la inseminación artificial (IA), test de progenies y la intensa selección de los toros. Esta alta productividad ha ensombrecido la performance reproductiva a nivel global (Galina y Orihuela, 2007; Rodriguez-Martinez y col., 2008).

La evolución de los indicadores reproductivos en Uruguay, basados en información proveniente del Instituto Nacional para el Mejoramiento Lechero en la primera edición del Informe de Primavera se analizaron 189.828 partos y 112.500 lactancias cerradas provenientes de 205 establecimientos, del período 1997-2001 (Rovere y Sotelo, 2007).

Dicho análisis indicó que el promedio del período parto-1er. servicio (P1S) fue de 98 días y el promedio del período parto-concepción (PC) de 131 días. Cinco años más tarde se han analizado 209.210 partos y 147.713 lactancias cerradas provenientes de 254 establecimientos, para el período 2001-2005. El promedio para P1S y para PC fue de 104 días y 150 días, respectivamente (Rovere y Sotelo, 2007).

Este deterioro de los indicadores reproductivos mencionados se observó en vacas adultas y en vacas de primera lactancia. En el caso de vacas adultas P1S pasó de 92 días a 96 días y PC de 124 a 144 días. En tanto para vacas de primera lactancia P1S aumentó de 114 a 122 días y PC de 146 a 165 días (Rovere y Sotelo, 2007).

Las pérdidas reproductivas tempranas pueden ser agrupadas en dos categorías: fallas en la fertilización y mortalidad embrionaria. Las fallas de fertilización generalmente son el resultado de prácticas de manejo que no facilitan la unión de un espermatozoide viable con un óvulo, siendo la deficiente detección de celos, la causa más importante (Dejarnette y col., 2001).

La eficiencia de la detección de celo internacionalmente es de un 50% aproximadamente y entre un 5 a 30% de inseminaciones son realizadas en hembras que no están en estro (Senger, 1994). Otros autores encontraron una disminución en la detección de celos de una tasa de 50,9 y 59,6% en el año 1985 a 41,5 y 49,5% en

1999 para vacas en ordeñe de raza Holando y Jersey respectivamente (Washburn y col., 2002).

Estudios recientes han revelado que la tasa de detección de celos en vacas lecheras se encuentra por debajo de 50% (van Eerdenburg, 2009).

La eficiencia de detección de los animales en celo es variable entre establecimientos, desde un 30 a 70% siendo una de las principales causas de la baja eficiencia reproductiva en muchos rodeos (Roche y Diskin, 2005).

En Uruguay la eficiencia de detección de celos se encuentra entre el 40 y 55% (Cavestany y col., 2007).

La detección de celos poco eficiente disminuye la producción lechera total a lo largo de la vida productiva del animal y el número de terneros nacidos por vaca, aumenta el número de días abiertos y la tasa de reposición por problemas reproductivos (Radostits y Blood, 1985).

4. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL TEMA

La siguiente revisión bibliográfica pretende analizar la realidad de la situación a nivel mundial como también del Uruguay en cuanto a la importancia e influencia dentro de la empresa ganadera o lechera que posee la detección de celos en los resultados reproductivos del rodeo. También el surgimiento de los diferentes métodos auxiliares creados para complementar o sustituir a la observación visual en aras de maximizar los índices reproductivos. Se describirán los distintos métodos como también su aplicabilidad, teniendo en cuenta la situación con la que se desarrolla la actividad de detección de celos en el Uruguay.

5. OBJETIVOS

5.1 GENERAL

Realizar una revisión bibliográfica de los diferentes métodos de detección de celo en bovinos, constituyendo un aporte de gran ayuda en la actividad diaria para favorecer su utilización en las diferentes explotaciones ganaderas y lecheras del país.

5.2 PARTICULAR

Se describirán los diferentes métodos, analizando sus ventajas y desventajas, como también su practicidad y costos relevantes.

6. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

La detección de celos en la actividad del tambo o en la ganadería de cría es sin duda una de las tareas más importantes y transcendentales, con un fuerte impacto en la economía del sector. Varios estudios han demostrado que una mala detección de celos es una causa importante de la prolongación del intervalo entre partos como en el intervalo parto concepción y una limitante en la eficiencia reproductiva del rodeo (Barr, 1974; Foote, 1974; Rounsaville y col., 1979; Esslemont, 1992; Redden y col., 1993; Radostits y Blood, 1985; Heersche y Nebel, 1994; Senger, 1994; van Eerdenburg y col., 2002; Delzer, 2003; van Eerdenburg, 2009).

En otras latitudes desde hace varias décadas que los índices reproductivos han tenido una baja sostenida debido entre otras causas a la pobre detección de celos, lo que limita alcanzar altas eficiencias reproductivas en los diferentes rodeos. Para la década del ochenta se estimaba aproximadamente 300 millones de dólares americanos de pérdidas económicas en la industria lechera de los EEUU (Senger, 1994).

La falla en detectar las vacas en celo es probablemente el factor limitante que determina la incidencia real de los celos silenciosos, ya que más vacas en celo son captadas con un programa de detección intensiva de celos (Cavestany, 2007).

Una de las causas atribuibles a esta baja en los índices reproductivos es en parte debido a que la actividad de la detección de celos propiamente dicha se ha dejado en parte de lado por priorizar otras actividades con impacto directo en la encomia del rubro como ser la alimentación o la producción propiamente dicha (Alexander y col., 1984).

Otro factor es que el personal encargado de la detección de celo es escaso y la relación vacas/hombre ha aumentado considerablemente debido al mayor número de animales en los establecimientos lecheros. En este contexto se destina una mayor cantidad de horas al ordeño, alimentación y demás manejos propios de los diferentes rubros, interfiriendo o disminuyendo el tiempo dedicado a la observación de cambios comportamentales los cuales no podrán ser reconocidos y ni muchas veces observados. Por otro lado es mas preocupante que el animal no esté produciendo, lo que tiene un costo directo y evidente, a que pase un celo sin ser detectado (Gordon, 2004).

Generalmente se carece del tiempo necesario para la detección y del conocimiento adecuado de los signos de celo, a su vez las hembras bovinas no manifiestan de manera adecuada el comportamiento de receptividad sexual (van Eerdenburg, 2009).

También existen factores propios del animal que la selección genética ha llevado a niveles impensados años atrás respecto a la producción de leche, pero que han actuado en detrimento de la eficiencia reproductiva. A esto también se suman las pérdidas reproductivas las cuales se pueden agrupar en dos categorías: fallas en la fertilización y mortalidad embrionaria. La primera se debe a que el resultado de la unión espermatozoide-óvulo no se dio dentro de los límites de tiempo correctos principalmente atribuidos al error en la detección de celos, como causa más importante y por consiguiente la propia IA en tiempo no apto (Dejarnette y col., 2001).

Nebel y col. (1987) reportó que el 25% de los animales que se destinan para IA tienen alta concentración de progesterona (P4) en sangre, mientras que Appleyard y Cook (1976) citados por Galina y Orihuela (2007) reportaron similares resultados con rangos de 20-33%, que previamente fueron detectados por observación visual. Otros autores publican valores de 1-12% como Elmore (1989) citado por Heersche y Nebel (1994), con lo cual ninguna de esas vacas podrá concebir con esos altos niveles de P4 en sangre.

En un calculo directo sin ajustes por cada celo sin detectar y sin inseminar, en una vaca de producción promedio en Uruguay (15 litros de leche por día, a 7,17 $/litro, año 2007) se pierden aproximadamente $2258 (pesos uruguayos), (MGAP-DIEA, 2008).

Lo ideal para un rodeo que busca maximizar la rentabilidad en cuanto al uso de los vientres como forma de optimizar la eficiencia reproductiva es la de lograr un ternero vivo por vaca por año y como objetivo secundario en los lugares con base pastoril de la producción, que los partos se sucedan cuando la oferta de forraje se adecue a la demanda o exista un pago diferencial por la leche producida (Radostits y Blood, 1985).

Al lograr un ternero por vaca cada 365 días y al descontarle los 283 días de gestación las vacas deberían de estar preñadas a los 82 días luego de parto. Si tenemos en cuenta el periodo de recuperación (espera voluntaria) de 40 o 60 días según los diferentes manejos, solo le resta uno o dos periodos de celo para poder preñar a las vacas, para mantener el ideal de un ternero por vaca por año (Cutaia y col., 2007; Galina y Orihuela, 2007).

Desde nuestro punto de vista el periodo durante el cual la vaca manifiesta su receptividad sexual, el reflejo de pasividad a la monta, es cuando debemos de poner el énfasis de tratar de coincidir en el momento justo cuando éste se manifiesta, de lo contrario debemos esperar el largo de un ciclo estral para poder intentar inseminar o servir al animal.

Pero el problema no solo radica en la coincidencia de ver la manifestación de celo, sino que muchas veces ésta no se expresa o es de muy baja intensidad o magnitud, de muy corta duración o en períodos durante la noche (Marcantonio, 1998).

La manifestación de los signos de celo no siempre presenta un determinado tiempo y una buena intensidad como para ser detectados. El reflejo de pasividad a la monta se observó en un 50% de los animales que estaban en celo, habiendo mas de una vaca en celo al mismo tiempo en la mayoría de las observaciones.

Otra causa que hace atribuible al bajo número de eventos de montas, la corta duración y la baja intensidad entre los animales es el hecho de encontrar solo una vaca en celo en el mismo rodeo; ya que se comprobó que el ingreso de un animal en celo que no pertenece al grupo estimula el comportamiento de monta en el rodeo, también demostrado por diferentes autores (Hurnik y col., 1975; Esslemont y col., 1985; van Vliet y van Eerdenburg, 1996; Walton y col., 1986; van Eerdenburg y col., 2002).

Dransfield y col. (1998) mediante grabaciones de video reportó que las vacas estabuladas demostraban su comportamiento relacionado al celo cuando no existían otras actividades como el ordeñe, alimentación o la limpieza de sus cubículos que fueran fuente de distracción. En el mismo trabajo se observó que la duración del celo variaba con el número de vacas en celo simultáneamente, aumentando de 7,5 a 10,1 horas con una o tres vacas en celo al mismo tiempo, respectivamente.

Tradicionalmente la actividad del celo se relacionaba a las primeras y últimas horas del día, con lo cual se procuraba observar a los animales para la detección de los celos en esas horas (Marcantonio, 1998; Dick, 2003).

El principal signo reconocible, el reflejo de pasividad a la monta, se observó mediante grabaciones de video por 80 días y se demostró que el 70% de la actividad de monta ocurre entre las 19:00 y 07:00 horas (Hurnik y col., 1975 citado por Dransfield y col., 1998).

Otros trabajos muestran que el comienzo de la actividad de celo se vio distribuida en forma igualitaria a lo largo del día, como lo demuestra Xu y col. (1998) que con el uso de radiotelemetría (Heat Watch® DDx, Denver, CO, USA), dividió el día en periodos de 6 horas y no se encontraron diferencias entre cada uno de los periodos, pero se encontraron variaciones puntuales entre las 12:00 y 15:00 horas y entre las 21:00 y 23:00 horas donde se vieron el mayor número de primeras montas o comienzos de periodos de celo.

Nebel y col. (2000) también con el uso de radiotelemetría no encontró grandes diferencias en el comienzo del periodo de celo. Pero se vio que las prácticas de manejo influían en el comienzo de los mismos, ya que entre las 07:00 y 08:00 horas las vaquillonas (Figura 1) eran confinadas para la alimentación con concentrado y fue donde se vio el pico en el número de comienzos de la actividad de celo, luego quedaban en pasturas con mínimo contacto humano y el patrón de actividad aumentaba hacia la tarde.

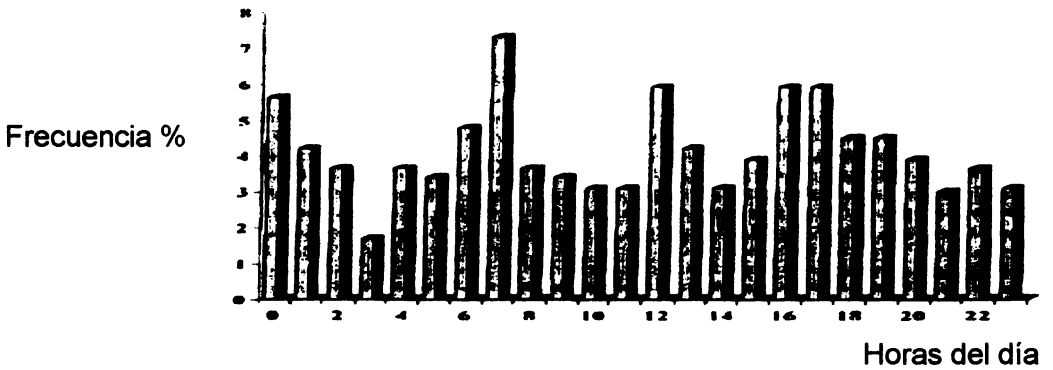


Figura 1. Distribución del comienzo del celo a diferentes horas del día para 393 vaquillonas monitoreadas por radiotelemetría (Nebel y col., 2000).

La mayor variación la tuvo el grupo de las vacas (Figura 2) con aumentos en la actividad de comienzo de celo cuando las vacas eran movidas en grupos a la hora del ordeñe (23:00 a 00:00 horas y 11:00 a 13:00) y esperando a que culmine la limpieza de los establos (08:00 a 09:00 horas).

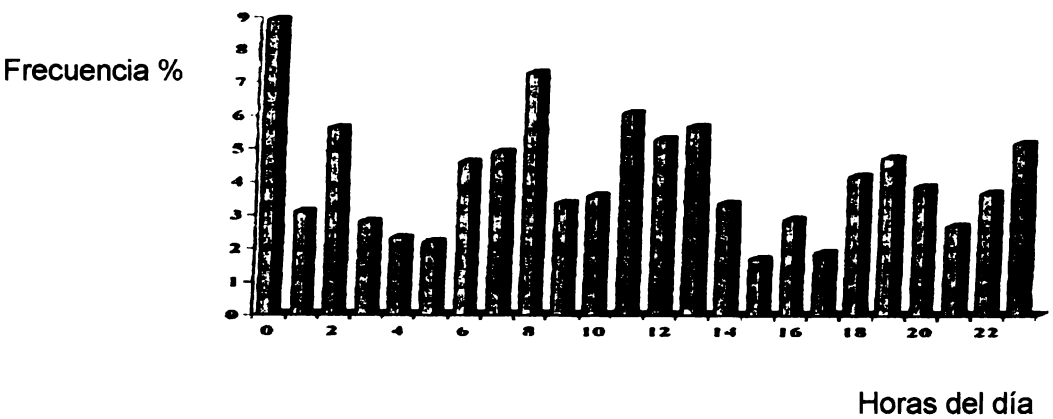


Figura 2. Distribución del comienzo del celo a diferentes horas del día para 1075 vacas monitoreadas por radiotelemetría (Nebel y col., 2000).

Cavestany y col. (2007) encontraron que el comienzo del celo, cuando se realizaba la primera monta, era distinto entre las diferentes categorías, ya que las vacas mostraban una tendencia a comenzar entre las 0:00 y las 12:00, mientras que en las vaquillonas se prolonga hacia las 18:00 horas.

Con respecto a la duración del celo, este parámetro es de suma importancia en los lugares donde se realiza la observación visual como único medio para detectar a los

animales en estro, ya que celos de corta duración son más probables de no ser vistos cuando se realizan dos observaciones visuales por día. La duración del celo también influye en la eficiencia de detección, si por ejemplo un animal con 12 horas de duración de celo y durante el mismo acepta un total de 50 montas de unos 5-7 segundos cada una, la vaca solo muestra el signo específico de celo por unos 4-6 minutos, o sea menos de 1% del tiempo que dura en celo (Marcantonio, 1998).

La duración del celo es variada a tal punto que la mayoría de los estudios realizados con el fin de determinar un tiempo promedio difícilmente coincidan en los resultados obtenidos, como se puede apreciar en el Cuadro I (Kastelic, 2001; Diskin y Sreenan 2000).

La misma se define como el intervalo de tiempo entre la primera y la última monta recibida, detectadas por radiotelemetría (HeatWatch®) promedió las 7,1 ± 5,4 horas para 2055 periodos de celo. Existen grandes variaciones en la duración de los celos entre los animales de un mismo rodeo como también entre los diferentes estudios, ya que las diferencias en edad, tamaño del rodeo, condiciones de manejo, frecuencias de observación y la definición del comienzo del celo son los responsables de las variaciones en la duración de los celos entre los diferentes estudios (Nebel y col., 2000).

Con el mismo sistema de detección de celos Xu y col. (1998) reportó un promedio de duración de celo de 8,6 horas en 89 vacas estudiadas, en los cuales hubo 11,2 montas realizadas durante cada estro para sumar un total de 29 segundos de monta en total, con una duración promedio de 2,5 segundos por cada evento de monta, las cuales se encontraban en pastura.

En el mismo trabajo (Nebel y col., 2000) se menciona a Stevenson y col. (1996) con duraciones de celo entre 2,6 a 26,2 horas con un promedio de 14 horas para 50 estros sincronizados en vaquillonas de carne, un 20,5% de las vaquillonas expresaron celos de menos de 10 horas de duración. También se menciona a Dransfield y col. (1998) demostrando que en 2661 inseminaciones realizadas la duración del celo no tuvo un efecto significativo en los índices de concepción.

Cuadro I. Algunos valores del promedio de duración del celo en bovinos.

Autor	Método de observación	Categoría Animal	Duración celo (horas)
Trimberger, 1948	Observación	Lecheras	17.8
O`Farrell, 1980	Observación	Lecheras	8.8
Dransfield et al., 1998	Heat Watch®	Lecheras	7.1
Xu et al., 1997	Heat Watch®	Lecheras	8.6
Mawhinney y Roche, 1980	Observación	Vacas de carne	12.8
Trimberger, 1948	Observación	Vaquillonas	15.3

Mawhinney y Roche, 1980	**Observación**	**Vaquillonas**	**12.8**
Diskin, 2000 (sin publicar)	**Heat Watch®**	**Vaquillonas**	**14.5**

Fuente: Diskin y Sreenan, (2000)

En el Uruguay estudios realizados en vaquillonas Holando en pastoreo la duración de celo en horas se determinó por observación en 9,9 ± 5,4 y para las vacas 13,5 ± 7,6 horas y con un promedio de montas aceptadas de 48,2 ± 40,1 y 26,8 ± 7,9 para vaquillonas y vacas respectivamente (Cavestany y col., 2007).

Las duraciones promedio del celo en la vaca se encuentran entre 15 y 18 horas, pero con una variación desde menos de 8 horas hasta tan largas como 30 horas (Morrow, 1986). Esto evidencia que la duración del celo varía mucho entre los animales del mismo rodeo, tanto como entre los diferentes estudios realizados (Kastelic, 2001).

En vacas lecheras en lactación, estabuladas y semi-estabuladas la duración del celo, definido como el intervalo entre el primer evento de aceptación de la monta hasta el último, detectado por radiotelemetría fue de 7,1 ± 5,4 horas (n=2055 períodos estrales), con 8,5 ± 6,6 montas en cada estro (Dransfield y col., 1998).

En el mismo estudio, vaquillonas Holando y Jersey la duración del estro fue de 10,3 ± 5,9 horas y 12,8 ± 6,0 horas respectivamente y el número de montas por celo fue de 16,3 ±11,6 y 28,0 ± 17,9 (Dransfield y col., 1998). En un estudio con vacas lecheras a pastoreo en Nueva Zelanda (Xu y col., 1998), la duración promedio del celo fue de 8,6 ± 4,3 horas (rango de 1 a 21,3 h), el número de montas de 11,2 ± 2,8 y la duración de la monta era de 2,5 ± 0,04 segundos. Los autores encontraron que el inicio del celo ocurrió durante el día, que no había mayor número de montas en la tarde y argumentaron que probablemente las variaciones diarias en la actividad de monta se deban a interrupciones causadas por factores de manejo ya mencionadas tales como la alimentación y el ordeñe.

Estudios más recientes realizados en animales en estabulación con acceso a pasturas en horarios de la noche Yoshida y Nakato (2005) mediante la observación visual cada cuatro horas por 30 minutos de duración y la aplicación de dispositivos Kamar® (Kamar Heatmount Detector®, KAMAR Inc., Steamboat Springs, CO, USA) como método auxiliar, concluyen que la duración del celo es sustancialmente más corta tanto en vacas en lactación (6,4 ± 4,3 horas) como en vaquillonas (6,2 ± 3,9 horas) y un tercio de las vacas a pesar de estar en celo no aceptan ninguna monta.

6.1 CICLO ESTRAL

El ciclo estral en los bovinos es un acontecimiento que se repite desde la pubertad hasta la muerte del animal en forma ininterrumpida en condiciones normales, se caracteriza por ser una actividad sexual cíclica, produciéndose una serie de cambios morfológicos, funcionales y de comportamiento a nivel sexual, los cuales solamente se ven alterados durante la gestación y el puerperio temprano. En un animal que cicla normalmente un óvulo es liberado cada 21 días aproximadamente, con rangos desde 17 a 24 días. En el caso de no ser fecundado otro óvulo será liberado en el mismo intervalo de tiempo (Hafez, 2000; Perry, 2004).

Existen dos fases que dividen al ciclo estral. La fase folicular es de corta duración (20% del ciclo estral) la cual comienza con el regreso funcional y estructural del cuerpo lúteo (CL) y termina con la ovulación. Esta fase se caracteriza por el inicio del comportamiento de celo y por el cambio en la dominancia en la concentración de P4 al dominio en la concentración por los estrógenos, debido al mencionado regreso del CL y al desarrollo de un folículo preovulatorio (aumento de estradiol).

La fase luteal es el periodo mas largo dentro del ciclo estral (80% del mismo) comienza desde la luteinización de las células de la granulosa y la consecuente liberación de P4 hasta la regresión del CL debido a la liberación de prostaglandina F2α (PGF2α) por el útero. En esta fase posterior a la ovulación se produce el crecimiento y desarrollo del CL, donde comienza a predominar la concentración de P4 sobre la concentración de estrógenos (McDonald, 1991; Ungerfeld, 2002; Peter 2009).

El ciclo estral también se define como el período que comienza en un celo y finaliza en el siguiente. La duración en los bovinos es de aproximadamente 21 días y la mayoría de los estudios muestran que el 60% a 70% oscila entre 17 y 25 días (Peters y Ball, 1991) 18-26 días en vacas y 20 días en vaquillonas (Cavestany, 1998; Diskin, 2000).

Estas etapas están caracterizadas por cambios cíclicos hormonales y algunos cambios morfológicos. La etapa más importante desde el punto de vista práctico es el estro o celo de la vaca. El estro es definido como el período de receptividad sexual de la hembra en los bovinos. El celo es el único periodo en todo el ciclo estral de la vaca en la cual es receptiva a la monta del macho, reflejado en la pasividad que muestra ante la presencia y monta de otro animal; incluso del mismo sexo llamado reflejo de pasividad (Hafez, 2000; Cunningham, 1999; Ungerfeld, 2002).

Existen a su vez, cambios que ocurren en todo el aparato genital, produciéndose ciclos ováricos, uterinos y vaginales que acompañan al ciclo estral. Asimismo hay modificaciones más allá de la esfera genital, como las que experimentan el sistema nervioso y el endócrino (Dick, 2003).

Para que los diferentes signos de celo se manifiesten y así ser detectados, debe haber previamente una exposición previa a la P4 seguida de su declinación, lo que es necesario para la diferenciación normal de las células de la granulosa y el posterior

desarrollo del CL. Al igual que la primera ovulación en la pubertad, la primera luego del parto es silente, sin manifestación de síntomas exteriores de celo, debido a la ausencia previa de P4, la cual previo al parto desaparece, sin posibilidad de sensibilizar al hipotálamo para que los estrógenos induzcan el comportamiento de celo (Cunningham, 1999; Ungerfeld, 2002).

Todos los cambios que ocurren en el animal durante las diferentes etapas deben de estar perfectamente coordinados entre sí para que las ovulaciones estén acompañadas del comportamiento de celo, para que los animales puedan ser detectados en tiempo y forma, poder ser inseminados y que los procesos reproductivos sean culminados con éxito (Ungerfeld, 2002).

6.1.1 Etapas del ciclo estral

6.1.1.1 Proestro

El proestro es el período de crecimiento folicular rápido bajo estimulación gonadotrópica. La conducta del animal responde al incremento progresivo de los niveles de estrógenos secretados por los folículos en desarrollo, aumentando el tono uterino y descarga de un claro y líquido mucus desde la vulva. Hay una disminución progresiva de los niveles de P4 debido a la regresión del CL del ciclo anterior (McDonald, 1991; Peter 2009).

6.1.1.2 Estro o celo

El estro o celo es el período de receptividad sexual, durante el cual se acepta la monta y ocurre el apareamiento (McDonald, 1991).

La duración promedio del celo en la vaca se estima entre 15 y 18 horas, pero con una variación desde menos de 8 horas, hasta tan largas como 30 horas (Morrow, 1986).

Se caracteriza por una secreción elevada de estrógenos a partir de los folículos preovulatorios o de Graaf. Los estrógenos estimulan el crecimiento uterino y la producción de PGF2α por el útero y otros tejidos. La ovulación se produce entre 10 a 11 horas luego de finalizado el estro (Hafez, 2000).

Roelofs y col. (2005) encontraron que la ovulación se produjo en promedio 26,4 ± 5,2 horas después de la primera monta aceptada y 21,4 ± 5,4 horas después de la última monta aceptada. Dransfield y col. (1998) citan un intervalo de 27,6 ± 5,4 horas desde la primera monta hasta la ovulación.

Esto es fundamental, porque sólo durante esta etapa la hembra tiene naturalmente la posibilidad de quedar preñada. El comportamiento de celo tiene diferentes manifestaciones como también diferentes intensidades y duraciones; dependiendo de varios factores como la salud, estado nutricional, edad, medio ambiente, número de animales en celo al mismo tiempo y demás (van Eerdenburg y col., 2002).

Para que el celo pueda ser correctamente identificado éste tiene que tener dos características fundamentales como son la intensidad y la duración.

Con respecto a ésta última es uno de los parámetros de mayor variabilidad encontrado en las diferentes citas bibliográficas, pero existe una tendencia a la menor duración de los mismos (Nebel, 2004).

Para poder servir o inseminar a la vaca es importante que se encuentre en el momento óptimo, para así aumentar las probabilidades de preñez. Para ello es necesario que el animal se encuentre en celo y que éste sea detectado en forma correcta. Para que esto ocurra el comportamiento de celo tiene que ser lo suficientemente visible para ser detectado por la persona encargada.

Sin embargo la expresión del celo no siempre es notoria, debido en gran parte a los altos niveles individuales de producción llevando a aumentar el intervalo parto-concepción y el intervalo inter-parto con una menor producción de terneros a lo largo de la vida de la vaca lo que conlleva a una menor producción de leche en el total de la vida del animal, aumentando el número de días abiertos y la tasa de reposición por problemas reproductivos (Radostits y Blood, 1985).

6.1.1.3 Metaestro

Durante el metaestro una vez ocurrida la ovulación, las células principalmente las de la granulosa, que permanecen en el folículo proliferan y forman el CL el cual propicia la síntesis de progesterona. Los altos niveles de ésta, inhiben la maduración de nuevos folículos a través del efecto que ejercen estos sobre el hipotálamo y la hipófisis (Hafez, 2000). En esta etapa de unos cinco días de duración aproximadamente, es posible de ver una pequeña descarga de sangre por vulva, que es normal y es indicativo que el celo ha pasado hace 24-48 horas y es observado en un 75-90% en las vaquillonas y en un 48-61% de las vacas y es indicativo de que el animal se encuentra en el periodo de metaestro, por lo cual ya es tarde para realizar la IA pero es aconsejable el monitoreo dentro de 17-20 días para aumentar la eficiencia de la detección de celos (Ball, 1987; Perry, 2004; Peter 2009).

6.1.1.4 Diestro

El diestro comienza luego del metaestro y se extiende hasta el comienzo de la regresión del CL. Durante el diestro el CL es el encargado de mantener los altos niveles de P_4. En el caso de no existir una preñez la regresión estructural y funcional del CL está determinada por la acción de la $PGF2\alpha$, principal factor luteolítico, con lo cual comienza la declinación de los niveles de P_4 hacia el día 17 del ciclo aproximadamente, lo que le permitirá volver a manifestar celo en los próximos días (Hafez, 2000; Perry, 2004; Peter, 2009).

6.2 SIGNOS DE CELO

Para la realización de la tarea de detección de celos es necesario el conocimiento de cada síntoma de celo que puede llegar a manifestar cada animal. El principal y más usado es la pasividad a la monta.

Este comportamiento es el que, desde el uso masivo de la IA, es el más utilizado tanto en Uruguay como en el resto del mundo para detectar a los animales en celo para luego proceder a la IA de esos animales que lo han demostrado.

El mismo consta de un periodo de tiempo de unos 4-6 segundos aproximadamente en donde la vaca en celo se deja montar por una compañera o por un macho según el caso (van Eerdenburg y col., 2002; Perry, 2004).

El celo es el momento culminante del ciclo estral durante el cual la hembra bovina es receptiva sexualmente. En esta etapa ocurren manifestaciones y signos físicos que son característicos de la receptividad que denota, los cuales ocurren en la etapa preovulatoria del ciclo (van Eerdenburg y col., 2002; Perry, 2004; Roelofs y col., 2004).

Los signos secundarios pueden eventualmente aparecer tanto solos o acompañando al reflejo de pasividad o pueden nunca manifestarse, o si se manifiestan pueden aparecer solamente algunos de ellos. Los mismos suelen ser desde descargas de un mucus claro filante, con origen en el cérvix y/o útero, según la claridad en el aspecto de éste podemos predecir a grandes rasgos la inminencia del celo cuando el mucus es bien claro; en el caso de un mucus algo turbio o nuboso es indicativo de que el celo ya ha culminado (Dick, 2003; Roelofs y col., 2005)

Las vacas o vaquillonas que están por entrar en el periodo de receptividad se manifiestan mas inquietas, caminan mas, siguen y molestan a otras vacas, mugen y tienden a montar a otras compañeras que preferentemente están en celo.

Debido a los cambios hormonales en este periodo se suceden cambios en los genitales externos como un agrandamiento y enrojecimiento de la vulva gracias al mayor aflujo de sangre ha esa región durante el celo. También se pueden apreciar zonas alopécicas en las regiones salientes de los isquiones y los pelos de cola removidos debido a la actividad de monta. Si se puede medir, los animales en celo disminuyen la ingesta de alimento como también la producción de leche.
Otros signos son bastante inespecíficos pero se pueden ver como el topeteo, aumento en la agresividad, flehmen, olfateo de vulva, apoyo del mentón, montas por la cabeza, montas que no son aceptadas (Ball, 1987; Hafez, 2000; Murray, 1990; Diskin, 2000; Cavestany y col. 2007; van Eerdenburg, 2009).

Los signos secundarios (Figura 3) aparecen algunas horas antes y después de que ocurre el celo propiamente dicho (Murray, 1990; Diskin, 2000; Catalano y Callejas, 2001).

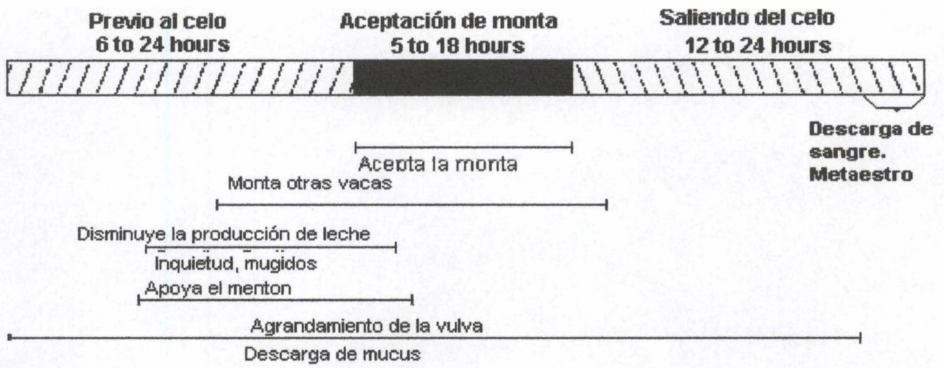


Figura 3. Ocurrencia de los diferentes comportamientos durante el celo (Murray, 1990).

Existen diferentes factores como ser ambientales o de los propios animales por ejemplo los de alta producción que llevan muchas veces a que las expresiones de celo no sean tan claras o marcadas para poder ser detectadas mediante la observación (Britt y col., 1986; Catalano, 2001; Washburn y col., 2002).

Por eso muchas veces los animales no manifiestan el principal signo a detectar, el reflejo de pasividad a la monta, pero manifiestan signos secundarios que no siempre se conocen o no se tienen en cuenta.

El principal como se mencionó es el signo de pasividad a la monta el cual el animal a ser montado debe de permanecer unos segundos sin moverse o puede alejarse rápidamente como sucede con animales que no están en celo (Diskin, 2000).

De este modo, la detección de celos es el factor principal que afecta la eficiencia reproductiva del rodeo, indirectamente determinados por la duración del ciclo estral de las vacas, la duración del celo y la intensidad del mismo (Britt y col., 1986; Cavestany, 1998; Dick, 2003).

Las duraciones de ciclo sexual varían desde los 18 hasta los 36 días cuando generalmente se asume un periodo de 21 días como promedio, cuando esta cifra solo se encontró en un 20% de los animales estudiados (Nebel, 2004).

En cuanto a la duración del periodo de receptividad sexual de la hembra, existen variaciones importantes como ser desde 4 hasta 35 horas en algunos casos, pero los promedios se mantienen constantes entre los diferentes trabajos en torno a las 8 horas en la mayoría (Nebel, 2004).

La intensidad de manifestación de celo solamente estuvo en un nivel alto en el 8% de los animales, 1,5 montas por vaca por hora con duración de celo de mas de 7 horas, un 20% mostró poca intensidad de celo, ligado a celos cortos, pero un 25% mostró un largo periodo de celo pero con bajas intensidades (Nebel, 2004).

Durante el celo se dejaron montar 8,5 veces en promedio, el 50% de las vacas se dejó montar menos de siete veces; solamente el 25% de las vacas se dejó montar más de 10 veces. Las vaquillonas mostraron mas intensidades de celo que las vacas con 17 y 7 montas en promedio respectivamente en animales Holando y para ganado Jersey 9,5 y 27,4 montas respectivamente (Nebel, 2004).

Otra variante que arrojó este estudio fue que casi un 50% de los animales mostraron celos entre las 18:00 y las 06:00 horas, lo que sumado al acortamiento de la duración de los celos, hace imprescindible agregar una observación nocturna o uso de dispositivos de detección (Nebel, 2004).

Si bien gran porcentaje de ésta situación es debido a las bajas tasas en la detección de celos, también influyen otros factores que intervienen en forma muy marcada en la eficiencia reproductiva del ganado, de origen multifactorial como son los genéticos, climáticos, de manejo y nutricionales, infecciosos y hormonales (Hafez, 2000).

Algunos autores atribuyen los bajos índices de detección de celo a factores del productor en un 90% y un 10% a factores del animal, otros lo han reconsiderado citando como una de las causas a la pobre expresión de celo debido a: altas producciones individuales, factores estresantes como la temperatura y el confinamiento en países donde éste se realiza, pero el verdadero origen aun no se ha establecido (Harrison, 1990; van Vliet y van Eerdenburg, 1996).

7. MÉTODOS COMPLEMENTARIOS Y/O AUXILIARES A LA DETECCIÓN DE CELOS

Para maximizar y simplificar la tarea de la detección de celos, a lo largo de los años se han creado diferentes elementos que ayudan al encargado en la tarea de identificar a los animales en celo, complementando a la observación visual en la mayoría de los casos. Los diferentes métodos se pueden agrupar de la siguiente manera:

- Métodos detectores de pasividad da la monta.
- Métodos basados en la medición de la actividad física.
- Métodos detectores de cambios no visuales.
- Métodos basados en el control del ciclo estral.

El principal signo característico del animal en celo es el reflejo de aceptación de monta o reflejo de pasividad, como lo muestra la Figura 4, siendo el sistema más utilizado en Uruguay y gran parte del mundo para detectar a los animales en celo (Dick, 2003; van Eerdenburg, 2009).

Se ha demostrado que el reflejo de pasividad no se expresa en el 50-53% de los animales del rodeo con lo cual indica que casi la mitad de los animales en un sistema de detección mediante observación visual pueden eventualmente no ser detectados. Por lo tanto se encuentran animales en celo pero no lo manifiestan de la forma mas adecuada para ser detectados y generalmente por falta de conocimientos no se advierten que existen otros signos y métodos auxiliares que ayuden a detectarlos (Lyimo y col., 2000; van Eerdenburg, 2002; Roelofs y col., 2005).

Figura 4. Reflejo de pasividad a la monta durante el periodo de celo (Murray, 1990).

Los diferentes dispositivos creados han tenido en cuenta las diferencias de comportamiento de los animales (Figura 5), ya sea la monta propiamente dicha (reflejo de pasividad) o el aumento en la actividad diaria como factores principales (Lyimo y col., 2000) así como también cambios inespecíficos del comportamiento como son los mugidos, aumento de la agresividad, topeteo, flehmen, inquietud, olfateo de vulva, apoyo de mentón, monta por la cabeza, montas no aceptadas, peladuras en caderas y descarga vaginal (Hafez, 2000; Cavestany y col, 2007).

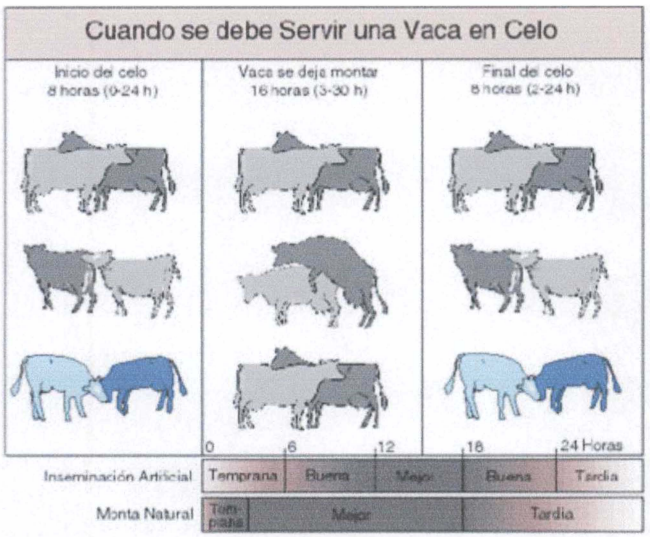


Figura 5. Diferentes comportamientos de celo relacionados al momento optimo de IA. Fuente: www.ugrj.org.mx

Para que estos dispositivos a su vez sean de utilidad los celos a detectar deben de tener ciertas características en cuanto a la intensidad en la expresión de los signos y la duración de los mismos.

Por ejemplo los métodos detectores de actividad de monta se deberían de usar en rodeos con buena actividad ya que los métodos mas comúnmente usados en el Uruguay necesitan varias montas para poder servir de ayuda y no como un problema agregado a la propia detección.

Según Cavestany y col. (2007) trabajando con vacas y vaquillonas observó 26,8 ± 7,9 y 48,2 ± 40,1 montas respectivamente, durante todo el periodo de celo y una intensidad de montas por hora de 5,6 ± 2,5 y 2,5 ± 2,6 para vaquillonas y vacas respectivamente. Por otro lado los métodos detectores de actividad necesitan que el animal se encuentre en muy buen estado de salud como también sus pezuñas y todo el aparato locomotor. La superficie y entorno en donde se encuentran los animales son tan importantes como lo anteriormente mencionado, de lo contrario este tipo de dispositivos no serian de gran ayuda.

Para un buen resultado en la performance reproductiva de cualquier rodeo donde se realice IA es de fundamental importancia la correcta identificación de los animales en celo, por lo que es necesario quien realice dicha tarea, conozca en forma clara los signos que puede llegar a manifestar un animal durante su periodo de celo.

Se debería observar a las vacas con suficiente frecuencia o por lo menos en las horas en donde éstas presentan las mayores manifestaciones de celo como ser al amanecer o atardecer, aunque este patrón de conducta este cambiando (Catalano, 2001; Nebel, 2004; Cavestany y col., 2007).
Llevar registros adecuados, para saber que vaca no manifiesta signos de celo o si los realiza en tiempos demasiado irregulares, ayuda a saber si un celo es genuino al conocer el registro de celos anteriores y también para poder predecir el próximo celo como forma de aumentar las chances de observación y anotar las fechas del sangrado post-celo, si el mismo es observado, para esperar el celo entre los 19 o 20 días posteriores (Ball, 1987).

Tener claramente identificadas a todas las vacas a observar, ya que hay veces que animales preñados que manifiestan celo, pueden ser inseminados erróneamente con el consiguiente costo de semen y de tiempo, o de la perdida de la preñez lograda. Una buena opción para la identificación en el caso de observar los celos son las caravanas grandes de un color que contraste con los números aplicados sobre ellas (Ball, 1987).

La eficiencia en la detección de celos es un parámetro junto a la exactitud que se ha incorporado a los índices de procreo como otro indicador para evaluar y calificar la performance reproductiva. Los mismos fueron introducidos por Pennington y Callahan en 1986.

El termino eficiencia se refiere a la proporción de celos que son detectados del total de celos que se suceden en el rodeo (Heersche y Nebel, 1994). También es definido como el porcentaje de animales detectados en celo en 21 días (promedio de la duración de un ciclo estral) sobre el total de animales en celo del rodeo (Cavestany, 1998).

El mismo se utiliza como herramienta para evaluar a los individuos encargados de la tarea de detección como también a los diferentes métodos auxiliares o complementarios que se utilizan para ayudar en dicha tarea.

En el caso de las pinturas en base de la cola la eficiencia varia entre un 44-96% (Diskin, 2000). Otro estudio, obtuvo 90% de eficiencia con el uso de pinturas en animales con 60 días PP, lo cual resultó en una mejora del 62% con respecto año anterior donde solo se utilizó observación visual (Thibier, 1983). Para la observación visual los valores de eficiencia varían entre 70-90% según se realicen dos o tres observaciones diarias (Marcantonio, 1998).

Con dos periodos de observaciones al amanecer y al atardecer (salida y puesta del sol), las eficiencias de detección de celos varían en el porcentaje según la duración de cada periodo de observación, por ejemplo observaciones de 60 min. tienen una eficiencia de 94%, de 30 min. 76%, 20 min. 65% y de 10 min. 59% de eficiencia (Cavestany y col., 2007). Las eficiencias en detectar celo de los demás métodos auxiliares o complementarios se mencionan en las secciones correspondientes.

Otro término que se incluye seguido del anterior es la exactitud o precisión de la detección de celos, el cual es el porcentaje de celos observados que corresponden a un

diagnostico correcto, y que pueden ser detectados por niveles de P4. Una exactitud del 80% sería si dos de cada diez vacas que se destinan a IA no están en celo (niveles altos de P4). La inexactitud en la detección de celos resulta en IA de animales que no están en celo, de aquí se desprende la habilidad del encargado de dicha tarea para interpretar los signos de celo correctamente (Heersche y Nebel, 1994; Cavestany, 1998).

7.1 OBSERVACIÓN VISUAL

La observación visual en forma periódica de los diferentes signos que manifiesta el animal durante el estro, nombrando como el principal de ellos al reflejo de pasividad, es el método mas usado desde el surgimiento masivo de la IA. Podemos decir que es el más económico si no tomamos el tiempo requerido para dicha tarea (Nebel y col., 2000).

El celo es un evento que sucede de forma gradual, por lo cual se van sucediendo cambios en el comportamiento (signos secundarios) antes y después del celo, hasta que el animal acepta la monta. Ninguno de los signos secundarios debería de tomarse como una positiva determinación del animal en celo, siendo solo el reflejo de pasividad a la monta el signo conclusivo del animal en celo (Perry, 2004).

Existen dos factores principales que afectan a la tarea de la detección por observación visual, uno de ellos es la capacidad del animal para expresar el celo y otro es la calidad con la cual se ejecuta la técnica que es sin dudas el factor humano.

Hay que tener en cuenta que existe una inmensa variabilidad entre los animales en cuanto a la expresión y conducta de los diferentes signos del celo, ya que existen animales con celos largos, intermedios y cortos como también intensidades fuertes, intermedias o débiles (Catalano, 2001)

Como principal requisito es conocer las diferentes manifestaciones que presenta una hembra bovina durante el celo, principalmente el reflejo de pasividad a la monta, como también los demás signos secundarios que manifiesta el animal durante el celo.

El mayor desafío que presenta este método es poder coincidir durante el periodo asignado para la observación del reflejo de pasividad a la monta en los animales a observar. Como se ha mencionado mas arriba con respecto a la duración del comportamiento de celo es donde radica el principal problema, ya que el periodo de celo entre los animales es de un rango muy variado como desde 3,3 minutos hasta 35 horas según reporta Nebel (2004).

Si tomamos en cuenta dos periodos de observación diarios de treinta minutos aproximadamente cada uno, en las primeras horas del día y las últimas de la tarde es evidente que hay celos que no podrán ser observados.

El parámetro más variable entre las diferentes publicaciones es la duración del celo, factor primordial a la hora de detectar a los animales mediante la observación visual. Los rangos oscilan desde 2,6 horas hasta 26,2 horas con 14 horas promedio, en vaquillonas de carne sincronizadas monitoreadas con un sistema sensible a la presión de alcance telemétrico (Heat Watch®), dando como resultado que el 20,5% de las vaquillonas tuvieron celos de menos de diez horas (Stevenson y col. 1996, citado por Nebel y col., 2000).

Debido al problema de la detección por observación visual que ofrecen ciertos animales que al estar en celo no lo manifiestan o lo hacen de una forma leve, van Eerdenburg (2009) desarrollaron un sistema de detección visual. Con el sistema se puede expresar en forma numérica la intensidad de celo (Cuadro II), asignándole a cada signo un determinado numero. Se suman los resultados y si superan los 50 puntos en dos periodos de observación se asume que el animal se encuentra en celo y es posible la IA.

Cuadro II. Escala de puntos para el comportamiento estral.

Comportamiento	Puntos
Descarga vaginal mucosa	3
Flehmen	3
Inquietud	5
Montada moviéndose	10
Olfateo de vulva de otra vaca	10
Descansar con la barbilla sobre otra vaca	15
Monta (o intento) a otras vacas	35
Montar de lado la cabeza de otras vacas	45
Acepta la monta	100

Fuente: van Eerdenburg, (2009)

Mediante el uso de videos se observó que la duración del celo variaba con el número de animales en celo simultáneamente, aumentando de 7,5 a 10,1 horas, con una o dos vacas en celo respectivamente (Hurnik y col., 1975).

Mediante el uso de radiotelemetría Dransfield y col. (1998) publicaron datos de duración de celo de 7,1 ± 5,4 horas, con un promedio de 8,5 ± 6,6 montas por período de estro.

Cavestany y col. (2007) comparó la eficiencia en la detección de celos según diferentes periodos de observación y tiempo de observación, dando como óptimo los dos periodos de observación a las 08:00 y 19:00 horas, con un 94% de eficiencia cuando se emplean

60 minutos de observación, disminuyendo los valores de eficiencia a medida que disminuye el tiempo destinado a la observación. Los periodos de menor eficiencia fueron cuando las observaciones se realizaron previo a cada ordeño (04:00 y 16:00 horas respectivamente).

En el mismo estudio se registraron duraciones de celo de 9,9 ± 5,4 horas para las vaquillonas y 13,5 ± 7,6 horas en vacas, con un total de montas aceptadas en el periodo de celo de 48,2 ± 40,1 y 26,8 ± 7,9 respectivamente. La intensidad de montas, o sea montas por hora, fue de 5,6 ± 2,5 para vaquillonas y 2,5 ± 2,6 para vacas.

Ball (1987) enfatiza en ciertos puntos para tener en cuenta cuando se va a realizar dicha tarea, los cuales son que todo aquel encargado de la tarea de identificación de animales en celo tiene que saber que buscar en esos animales presentados para la detección del celo.

Realizar frecuentes observaciones principalmente durante las primeras horas de la mañana y las últimas de la tarde y dedicarse exclusivamente a dicha tarea. Llevar registros de todos los acontecimientos relacionados al celo o a eventos que puedan involucrar la ausencia de los mismos, como también el uso de una libreta de bolsillo para anotar en forma inmediata dichos sucesos.

La identificación clara e indeleble de todos los animales del rodeo es un requisito ineludible con el fin de no presentar a IA animales que no están en celo, con el consecuente costo de semen y/o pérdidas embrionarias por IA animales en gestación temprana (Ball, 1987; Catalano, 2001).

Es de vital importancia que el lugar donde se realiza la observación sea un lugar confortable para los animales, ya sea por el tipo de piso como también la tranquilad en el mismo, ya que los animales tienden a distraerse con facilidad con las rutinas propias del establecimiento (Marcantonio, 1998; Catalano, 2001).

Se deben dar todas las facilidades que aumenten la interacción entre los animales para que se formen los grupos sexualmente activos (GSA) entre las hembras en celo propiamente dicho y aquellas otras que están entrando o saliendo del mismo. Éstas últimas se deberán de anotar como forma de tenerlas en cuenta para futuras observaciones (Marcantonio, 1998).

No es conveniente separar a los animales que conforman al GSA en forma prematura durante la observación, para no disminuir el número de animales que están interactuando, lo que maximiza la manifestación de celos y ayuda a aumentar la eficiencia de la detección (Catalano y Callejas, 2001).

Dada la situación de que una hembra sea montada demasiadas veces, que sea tomada como favorita, es recomendable apartarla para darle la posibilidad a otras menos atractivas o con expresiones de celo más débiles. Se ha podido observar este tipo de elección por una determinada hembra, cuando además de esa hay otras hembras en celo (Vailes y Britt, 1989).

Con respecto al piso en donde se encuentran los animales, éste no debe de ser ni demasiado duro ni demasiado blando o resbaladizo. Los animales con problemas podales sufren la presión ejercida por la monta de otro animal como también se rehúsan a montar a las compañeras en celo, por eso los animales con problemas podales leves si realizan montas lo prefieren hacer en suelos blandos (Britt, 1982; citado por Vailes y Britt, 1989).

En los pisos blandos o resbaladizos los animales tienden a perder estabilidad durante la monta con las consecuentes lesiones que se pueden ocasionar y en futuras situaciones se rehusaran a montar por falta de confianza. También prefieren pisos blandos a pisos duros como el concreto que en ocasiones se encuentra mojado por el lavado de las instalaciones, por eso en los tambos es preferible la observación en los potreros que en corral de espera (Vailes y Britt, 1989; Marcantonio, 1998).

Según Alexander y col. (1984) se ha priorizado la atención en la realización de otras tareas dentro de la empresa agropecuaria que a la actividad de detección de celo propiamente dicha y menos a la observación visual.
Por lo tanto en los casos donde sea necesario se deberá destinar a una persona la tarea de la detección con la consiguiente remuneración según los resultados y los objetivos previamente fijados.

Los lugares donde se agrupan los animales de manera muy apretada, pueden ocasionar falsos-positivos ya que el animal montado sino no esta en celo tiende a escapar de la monta, pero en el caso mencionado no lo pueden hacer por falta de lugar (Ball, 1987).

Los inconvenientes de este tipo de método en lugares con un número muy elevado de animales y una sola persona encargada de dicha tarea, como sucede en la mayoría de los casos, es la sub-eficiencia del método ya que muchos animales no serán vistos o si lo son puede que en la cantidad de animales se mezclen y no puedan ser identificados para luego apartarlos.

Otros inconvenientes a destacar son el clima adverso, como altas temperaturas y humedades. Los animales en ambientes con temperaturas superiores a 27°C y elevado porcentaje de humedad, presentan un estado de hipertermia que genera estrés calórico provocando un descenso de hasta 5 o 6 horas en la duración del celo acompañado de una menor o nula intensidad del mismo, con lo cual dificulta aun más la observación de los signos de celo y con presentación de los mismos en horas de la noche principalmente (Pennington y col., 1985).

Por el lado de la nutrición, el bovino tiene la capacidad de distribuir los nutrientes priorizando algunas actividades en detrimento de otras, es así que la reproducción es dejada de lado cuando hay escases de nutrientes o la calidad es deficiente, por lo tanto las expresiones de celo no se harán evidentes (Catalano y Callejas, 2001).

La tarea de detección de celos por observación visual puede resultar monótona y es relegada por otras tareas dejando para momentos como la búsqueda de los animales

para el ordeñe o cuando se encuentran en el corral de espera para la detección de celos. Por ello es imprescindible darle una prioridad como una tarea mas dentro del rubro y que sea valorizada, por ejemplo económicamente (Marcantonio, 1998).
Las ventajas que ofrece el método visual es la total seguridad de observar un animal aceptando la monta de otro y saber que realmente esta en celo y listo para la monta de un toro o para la IA.

Como desventajas tenemos el tiempo requerido para dicha tarea, ya sea dos veces por día, ya que a veces destinamos ese tiempo para la realización de otras tareas que urgen en el quehacer diario.

7.1.1 Factores que limitan el método por observación visual

La existencia de periodos de celo de corta duración o de celos silentes en algunos animales como también las bajas intensidades o la ocurrencia de celos en horarios como la noche.

No conocer los diferentes signos que manifiesta un animal durante o previamente al celo, como también desconocer cual vaca esta en celo cuando una monta a la otra.

Animales no identificados correctamente o que han perdido su identificación (caravanas) cuando son observados en celo es difícil de poder identificarlos entre el resto de los animales.

Demasiados animales en espacios reducidos, la distancia entre éstos y el observador, constantes disrupciones y el reducido número de personal a cargo de la tarea incrementan el número de animales detectados erróneamente (Butler, 2000 citado por Galina y Orihuela, 2007).

No poseer algún método de ayuda, como una libreta para anotar el número o alguna característica propia del animal para no olvidarse luego de pasado cierto periodo de tiempo y de realizadas otras tareas, resultando en la IA de otro animal por error.

Las diferencias encontradas en las duraciones de los celos deja en claro que las posibilidades de ver a una vaca manifestar la sintomatología característica, si es que lo manifiesta, es una tarea más que nada determinada por el azar.

7.1.2 Grabaciones en video, circuito cerrado de televisión

Como complemento de la observación visual el uso de videograbaciones o disponer de un circuito cerrado de televisión es un método de ayuda a la detección de celos muy eficaz pero en algunos casos sus costos son elevados. Mediante las grabaciones la

persona encargada de la detección de los celos puede mirar la cinta en los horarios en los cuales por diferentes motivos, podríamos incluir los trabajos propios de la actividad, estuvo ausente y volviendo la cinta puede ver lo que ocurrió durante ese periodo (Overton y col., 2002).

Quizás estos métodos sean mejor aplicados en lugares en donde las condiciones meteorológicas sean adversas tanto para el observador como para lo propios animales, y éstos últimos se encuentren dentro de un establo o en lugares abiertos pero con adecuado refugio.

Además da la posibilidad de visualizar en tiempo real lo que acontece; por ejemplo en boxes de parto desde la comodidad de una oficina, sin molestar a los animales con nuestra presencia y solamente recurrir solo en el caso de que la parturienta necesite de ayuda. Las cámaras se podrían usar como monitoreo de la actividad de celo en ciertas áreas, sin molestar su actividad. En forma rápida se puede apreciar la actividad durante las noches y parando la cinta para identificar en forma precisa el animal para IA (Ball, 1987).

La determinación del comienzo del celo es posible mediante el empleo de esta clase de dispositivos por tener la capacidad de permanecer las 24 horas monitoreando el comportamiento de los animales y así apreciar el comienzo de la actividad de monta de los mismos (Nebel y col., 2000).

Utilizando grabaciones de video se determinó en un alto número de animales que comenzaban la actividad de celo durante las 18:00 y 24:00 horas. Luego de 12 años el mismo estudio fue repetido con medios mas sofisticados, usando cámaras que funcionan con 90% menos de luz que las cámaras usadas en el primer ensayo, se observó que la distribución por horas del comienzo de los celos a lo largo del día no tuvo variaciones significativas, pero una gran frecuencia de comienzos de los mismos ocurren entre las 12:00 a 18:00 horas y 06:00 a 12:00 horas para primíparas y multíparas, respectivamente. La diferencia en el comienzo del celo entre un ensayo y otro se podría atribuir a la cantidad de luz recibida, si es que el fotoperiodo influye en la expresión del celo en forma directa o indirecta. La actividad del estro en el caso de estar mediado por la cantidad de luz recibida por los animales se debería de esperar entonces, una supresión en la expresión de los mismos durante la noche (Hurnik y col., 1975; Amyot y Hurnik, 1987).

El uso del video ayuda a apreciar el comportamiento en animales que se encuentran estabulados evidenciando que el estrés del confinamiento altera el confort de los animales y eleva los niveles de cortisol; aumentando los índices de refugo por disminución de la producción láctea y por reducción de la eficiencia reproductiva (Ladewig and Smidt, 1989; Müller y col., 1989, citado por Overton y col., 2002).

Es un método que si bien nos muestra la actividad del animal en horarios donde no podemos observarlo, es sin duda de los más caros, si bien habría que evaluar los costos y beneficios en los lugares donde se pueda aplicar.

7.2 METODOS DETECTORES DE PASIVIDAD A LA MONTA

Los métodos detectores de pasividad a la monta tienen en cuenta el principal signo que es reflejo de pasividad a monta. Dependen de que un animal monte a otro aún en ausencia del macho o usando este último como retarjo.
Es por ello que los mismos están diseñados para que cuando un animal sea montado quede evidencia física de que ocurrió, con un cierto grado de confianza de que se realizó dicha monta (Delzer, 2003).

A partir de ello se le colocan a los animales a identificar los diferentes dispositivos sobre la zona sacro-coccígea (base de la cola) del animal para poder registrar las diferentes montas que se lleven a cabo en determinado periodo de tiempo y poder decidir en base a ello y según el tipo de dispositivo el momento óptimo para llevar a cabo la IA.

Estos materiales son utilizados por ser de ayuda a la detección visual mejorando los niveles de detección ya que pueden detectar a los animales que durante el periodo de la observación visual no manifestaron ningún síntoma de celo. Debido a esto es que la efectividad de la detección aumenta combinando la observación con alguno de estos métodos (García Bouissou 2000; Asprón 2004).

Los diferentes elementos con los que se cuenta son las pinturas, tizas, crayones, ampollas con pintura, etiquetas detectoras de monta y diversos dispositivos electrónicos (Cuadro III).

Cuadro III. Diferentes dispositivos de ayuda a la detección de celos.

Tipo	Aplicación	Método de detección
Detector KAMAR	Con adhesivo entre base de la cola y hueso de la cadera sobre el sacro	Cambia de blanco a rojo por el peso de la vaca que monta
Detector Bovine Beacon	Con adhesivo sobre la base de la cola	Colorante fluorescente que brilla en la oscuridad liberado por el peso de la vaca que monta
Pintura/ Crayón en base de la cola	Línea de crayón o pintura a lo largo del sacro y la base de la cola	Se borra cuando otra vaca monta
Marcador Chin-Ball	Dispositivo debajo de la cabeza del animal detector	Al montar deja pintura en el lomo de la vaca montada

Fuente: Asprón, (2004)

7.2.1 Pinturas, tizas y crayones

Las pinturas, tizas y crayones (Figura 6) son los materiales mas comúnmente utilizados en las explotaciones de nuestro país, quizás por ser de los más baratos en plaza entre 2,7 y 4,5 U$S por unidad según el fabricante, los cuales fueron desarrollados en Nueva Zelanda en la década de los 70.

Previo a la aplicación de la pintura y para que ésta perdure mas tiempo se debe depilar la zona sacro coccígea con tijera o máquina depilatoria y pintar una superficie de 20 cm. de largo por 5 cm. de ancho. Se aconseja no pintar más superficie para luego no tener dudas de interpretación, buscando así una estandarización del procedimiento y obtener una repetibilidad en los resultados (García Bouissou, 2000).

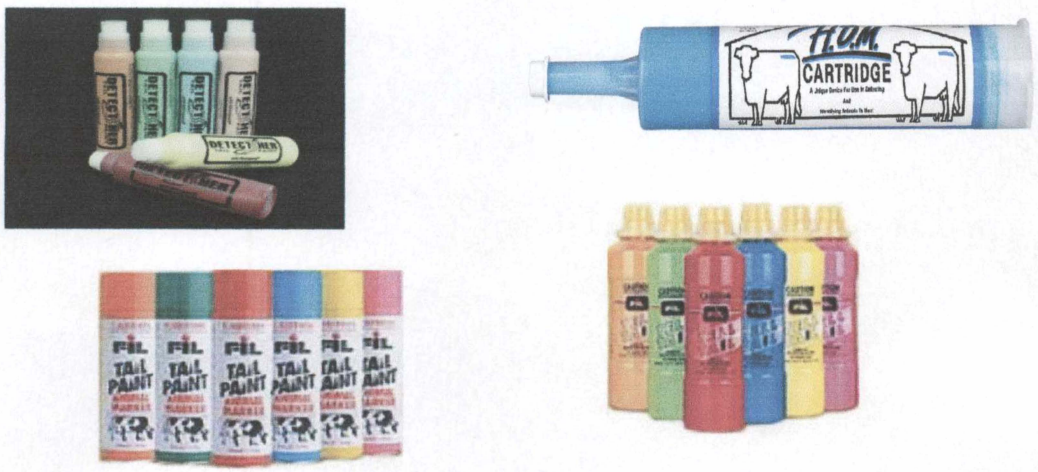


Figura 6. Pomos y aerosoles de pintura para base de la cola. Fuente: www.tailpaint.com y www.fmb.com.au.

Es recomendable que la primera vértebra coccígea (lugar más elevado) logre quedar en el medio de dicha franja (Figura 7). También se recomienda pintar a todos los animales que integran el lote a detectar celos para minimizar las confusiones. (García Bouissou, 2000).

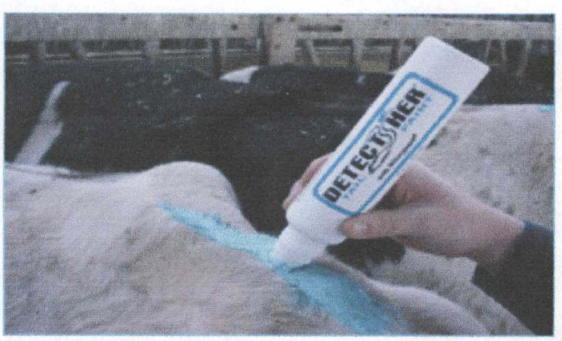


Figura 7. Aplicación de la pintura en base de la cola. Fuente: www.tailpaint.com

Los animales pueden ser observados a la entrada de la sala de ordeñe o durante el mismo. Las personas encargadas de dicha tarea deberían de ser siempre las mismas, para lograr una mejor repetibilidad en los resultados.

El fundamento principal para este tipo de dispositivos es la pérdida gradual de la pintura de la base de la cola con las sucesivas montas que recibe un animal en el periodo de celo, evidenciando así el reflejo de pasividad a la monta. El punto clave es la correcta lectura del grado de decoloración de la pintura, para saber si esta en celo o no, por eso hay que poner énfasis al momento de la aplicación y de la interpretación para estandarizar las lecturas.

A modo de ejemplo, la figura 8 ilustra como se pueden utilizar los diferentes colores para formar lotes o grupos, según diferentes criterios. Algunos autores aconsejan que se pinten la totalidad de los animales para definir bien las realmente despintadas, porque de no hacerlo así los errores ocurren con mayor frecuencia (García Bouissou, 2000).

Figura 8. Animales pintados para la detección de celos. Fuente: www.tailpaint.com

Según diferentes trabajos se asume como en celo para la posterior IA a aquellas vacas a las cuales se les ha despintado más del 30% de la pintura, tomando como dudosas a aquellas con menor o igual valor porcentual, es por ello en que se hace énfasis a la hora de la aplicación como a la hora de la lectura (Figuras 9 y 10).

Los valores de eficiencia del método son de 81-95%, y con 3 hasta 31% de falsos positivos (Dick, 2003; Becaluba, 2006).
Xu y col. (1998) hallaron valores de eficiencia y exactitud de 98,4% y 97,6%, respectivamente en vacas lecheras Holando y Jersey en base pastoril.

Se aconseja volver a pintar a aquellos animales que fueron inseminados ya que existe entre un 10 y 15% de animales que se vuelven a despintar luego de realizado la IA, con lo cual significa que la vaca continua en celo. Se sugiere volver a inseminar ya que se verificó un aumento del 5 a 11% de preñez al realizar la segunda inseminación, obviamente existe un incremento en la cantidad de semen usado, pero los porcentajes de concepción son los realmente importantes (García Boissou, 2000).

Figura 9. Pintura en base de la cola recién aplicada y luego de varias montas. Fuente: www.tailpaint.com

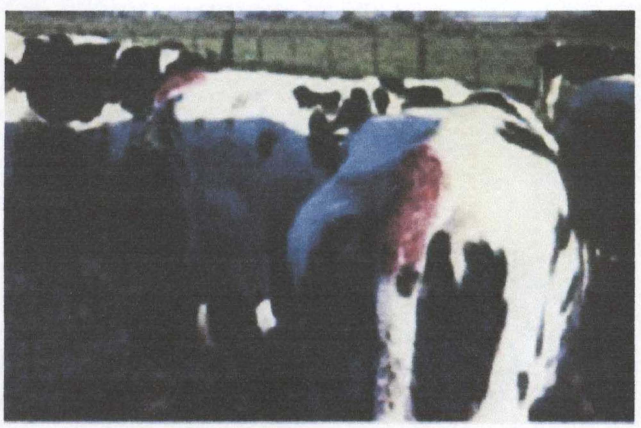


Figura 10. Pintura en base de la cola luego de algunas montas (Marcantonio, 1998).

Trabajos comparativos realizados en lugares donde solo se aplicaba la observación visual como único método para detectar celo, utilizaron la pintura como método alternativo, pintando los animales a los 30 días posparto y luego de 10 días de inseminados para detectar los retornos al celo, ambas pinturas de diferentes colores.

Los resultados fueron que luego de 60 días del parto un 90% de los animales fueron detectados en celo por la pintura solamente, mientras que el año anterior que solo se usó observación visual obtuvieron un 62%.
La importancia económica se le puede atribuir al hecho de detectar más animales en celo de forma más prematura (Thibier y col., 1983; Esslemont, 1992).

Se debe de tener en cuenta que no es un método perfecto, ya que también es generador de errores más que nada por las incorrectas interpretaciones a la hora de la lectura de la despigmentación, por ejemplo animales con colas largas que molestos por moscas suelen borrarse parte de la pintura o también pinturas que suelen ser palatables para algunos animales y son lamidos principalmente cuando se aumenta el contacto físico entre ellos, confundiendo así los resultados, como es el caso de los animales en confinamiento en los países donde se lo realiza.

Para este tipo de explotaciones se le han anexado a las pinturas sustancias amargantes para evitar el lamido. Incluso las pinturas suelen ser un poco mas espesas que las usadas a campo y según los fabricantes suelen borrarse con pocas montas, recomendando la recorrida diaria de los locales y el retoque diario de la pintura (www.tailpaint.com).

Se recomienda repintar los animales cada 14 días que ha sido el promedio de duración de las pintura sobre los animales, luego de este tiempo se comienza por si solo a despigmentarse provocando posibles errores de interpretación (Thibier y col., 1983).

En los tambos con fosa quizás resulte algo incomodo la lectura; pero los resultados son repetibles, se detectan animales que escapan a la observación, si ésta se realizase y los resultados mejoran cuando se hace en combinación con otros métodos por ejemplo con la observación visual propiamente dicha.

7.2.2 Etiquetas detectoras de monta

Estos dispositivos tienen igual principio que los anteriormente mencionados ya que se basan en la pasividad a la monta de la cual se produce la frotación y posterior borrado de la superficie de las etiquetas o parches apareciendo por debajo una superficie o capa de señal brillante o fluorescente como indicativo de la actividad de monta.

Es por esto que a mayor número de montas recibidas mayor es la exposición del color brillante o fluorescente indicando en cierta forma el momento óptimo para la inseminación.

Cuando prima el color fluorescente situación que ocurre luego de varias montas (Figura 11), al menos más de cinco según el tipo de etiquetas, se asume que es el momento adecuado para realizar la inseminación o servicio (Gordon, 2004).

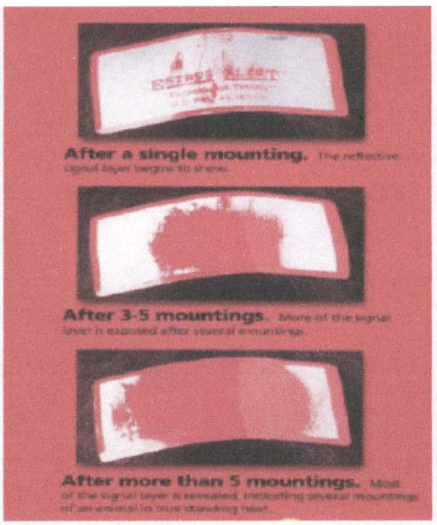


Figura 11. Etiquetas detectoras, evidenciando desde una hasta varias montas efectuadas (Gordon, 2004).

Las utilidades son varias ya sea para detectar e identificar la actividad de monta como también como ayuda en los programas para sincronizar y acelerar los ciclos reproductivos.

Existen diferentes variedades de este tipo de dispositivos pero la mayoría tiene el mismo principio, especificaciones e indicaciones. El costo promedia los 2 U$S por cada etiqueta detectora.

Se recomienda en todos los casos la limpieza previa de la zona con trapo de algodón sin uso de ningún tipo de solvente o similar, para eliminar restos de tierra, pelos sueltos y humedad; en algunos casos principalmente en el invierno se recomienda el recorte de los pelos y en otoño y primavera principalmente por la eventual caída de los mismos.

Previo a la aplicación se aconseja el precalentamiento de la etiqueta para una mejor adherencia a los pelos del animal, por ejemplo en los meses del invierno poner las etiquetas dentro de una conservadora junto con una botella de agua caliente ya que activa el adhesivo para una optima adherencia.

La etiqueta se aplica pegando de una punta a la otra ejerciendo presión para lograr una buena adherencia y mayor durabilidad de la misma como también evitando las horas de mucha humedad o de persistencia del rocío. Se recomienda no aplicar en días de lluvia.

El lugar correcto de aplicación es entre el sacro y la base de la cola, transversal a la columna vertebral (Figura 12).

Algunas de las etiquetas traen como indicación la colocación de las mismas más hacia atrás en las épocas de presencia de moscas ya que han comprobado que los repetidos movimientos de la cola pueden llegar a borrar una buena superficie tentando a falsos-

positivos, por lo contrario a las vacas pequeñas se aconseja colocarlas mas adelante (Fasco® AP, 2008).

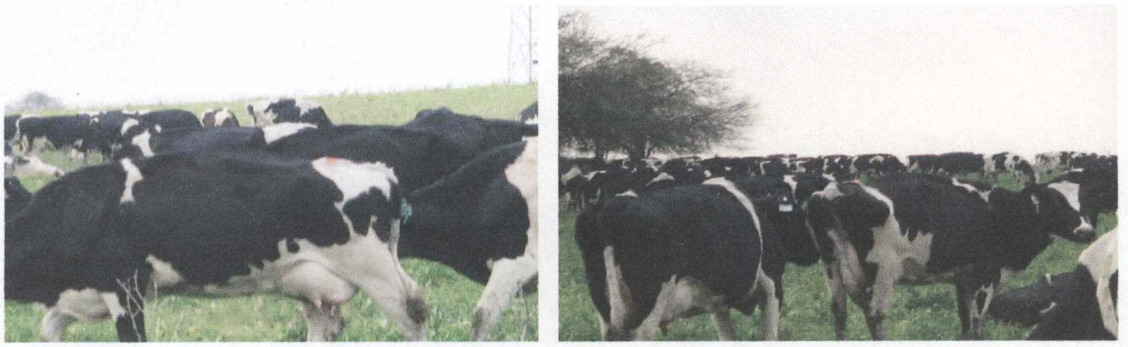


Figura 12. Animales con etiquetas detectoras de actividad de monta.

Las etiquetas al igual que las pinturas vienen en varios colores para la formación de lotes o simplemente para facilitar el manejo. Se recomienda la aplicación de otra etiqueta luego de la IA como método de confirmar si el animal ha sido preñado o continúa en celo.
También en los casos donde los servicios se realicen a corral con toro, el uso de las etiquetas es recomendable para saber si las vacas fueron o no montadas (Fasco® AP, 2008).

Las etiquetas comparadas con otros dispositivos como el Kamar® y un marcador en spray y dejando a un grupo control (observación visual), dieron como resultado luego de la inyección con prostaglandina que las etiquetas tienen un índice de detección de celo luego de las montas realizadas de 74%, 53% para el Kamar, 46% para el marcador en spray. Si bien todos fueron superiores al grupo control (30%), todos servirían para la detección de celos pero el de mayor índice fue para las etiquetas (Gordon, 2004).

Los problemas de adherencia se han dado para el caso de las etiquetas en vacas estabuladas todo el año o cuando sucede la muda del pelo invernal (Gordon, 2004).

Con respecto a las perdidas de las etiquetas comparado con otros métodos logró similares resultados que el Kamar con 28% de perdidas en un periodo de 28 días y mucho menores que el Bovine Beacon (Omniglow, LLC, Indian Orchard,USA) (60%) atribuyendo a que estos últimos dispositivos no se adaptan bien a la forma de la vaca. El trabajo se realizó en un predio de servicios estacional en el cual la actividad de monta fue muy intensa durante el estudio (Gordon, 2004).

7.2.3 Ampollas con pinturas

Los dispositivos KaMaR® Heatmount Detector y Bovine Beacon® (Figura 13 y 14), son ampollas conteniendo pintura de color fluorescente principalmente rojo o naranja que facilitan la observación aun a cierta distancia, los cuales al ser activados por la presión de la monta liberan el liquido contenido en la capsula para poder ser visualizado.

Figura 13. Dispositivo Kamar®. Fuente: www.kamarinc.com.

Los dispositivos tienen el mismo fin que los anteriores pero éstos necesitan de la presión y cierta duración como mínimo 3 segundos de la misma para romper la ampolla que contiene la pintura para así poder visualizarla. El lugar de aplicación es también entre el sacro y la base de la cola, con las mismas especificaciones que los anteriores métodos auxiliares.

Figura 14. Dispositivo Bovine Beacon®. Ampollas con pintura para detección de celos. Fuente: www.bovinebacon.com

Los fabricantes de este tipo de dispositivos recomiendan que los animales no se encuentren en lugares donde por accidente se puedan activar los dispositivos, como ser ramas de árboles o en el caso de estabulaciones no haya objetos demasiado bajos al alcance de los animales, ya que a veces los pueden usar para rascarse y crear los falsos positivos. Su costo es de U$S 38,20 la caja de 50 dispositivos (Kamar®).

Muchos trabajos demuestran la eficacia de éste dispositivo (Kamar®) con relación a otros; inclusive con la observación directa, uno de ellos realizado por Williamson y col. (1972) citado por Foote (1974) compararon al KaMaR® contra observadores entrenados y contra un sistema de vigilancia de 24 horas por personas entrenadas durante 21 días.

El dispositivo KaMaR® detecto el 98% de los animales en celo contra 89% del sistema de vigilancia continua y 56% del personal entrenado. Aquí hubo una perdida de dispositivos de un 25% pero lo asumen, según otros signos secundarios de estro, como positivo, porque consideran que se han caído durante la actividad del mismo, pero también se pueden perder por el lamido o rascado de la zona, éstos asumidos como signos secundarios de celo.

Éste método como los otros están todo el tiempo sobre los animales detectando así celos que ocurren en horarios donde no hay vigilancia, pero tienen la desventaja de caerse principalmente por el rascado de la zona en ramas bajas u otros objetos similares. Para algunos autores el dispositivo permaneció el tiempo requerido (Foote, 1975), sin embargo otros autores relatan que el 30% de 152 dispositivos colocados se cayeron debido a la colocación con el pelo húmedo (Beerwinkle, 1974).

Algunos animales no presentan la totalidad de la pintura derramada debido a montas mal realizadas por diferentes causas como ser animales pequeños que no pueden montar y aplicar su peso sobre un animal mas grande, problemas de pezuñas o la presencia de objetos en los cuales se puedan rascar y activar en forma parcial por accidente.

Por otra parte los animales más pequeños o las vaquillonas deberían de tener la totalidad de la pintura derramada por tener que soportar mayor peso. Si los se encuentran sin activar totalmente, se dejan un par de días más. Si siguen en la misma condición se deberá asumir que fue por rascado u otro tipo de accidente y deben de ser reemplazados. En el caso de que el animal esta realmente en celo el dispositivo aparecerá totalmente activado en el correr de los siguientes días (Foote, 1974).

Los fabricantes y expendedores de este dispositivo presentan resultados de eficiencia de 84% conjuntamente con la observación visual, mientras que esta última arrojó resultados de 64% en el mismo estudio (www.kamarinc.com).

Los principales inconvenientes de estos dispositivos son los falsos-positivos, ya sea por activaciones realizadas contra objetos, resultados del rascado en la zona o por otros animales pero no por la monta propiamente dicha.

Los es también la perdida de los dispositivos con el consecuente costo por reemplazo, como también la perdida del momento para inseminar, aunque algunos atribuyen la perdida a la actividad de monta e inseminan a los animales igualmente.

7.2.4 Dispositivos radio-telemétricos

Los dispositivos radio-telemétrico, consisten en un radiotransmisor alimentado a batería el cual se aplica en la región sacra de los animales, sensible a la presión de la monta, además un radio recibidor o también un repetidor, un buffer y un software adaptado (Figura 15). Este sistema radio-telemétrico Heat Watch® (HW) es capaz de registrar, almacenar y transmitir a distancia las diferentes montas a lo largo de cierto período de tiempo (www.heatwatch.com).

Es uno de los métodos más eficaces a la hora de conocer el comienzo del periodo de celo de un animal, ya que se puede conocer la primera monta aceptada.
Registra el número, comienzo, duración, fecha y el registro de los animales que son montados. Por lo tanto se puede conocer el tiempo de aceptación de monta de los diferentes animales en celo y así poder decidir sobre el tiempo para la IA.

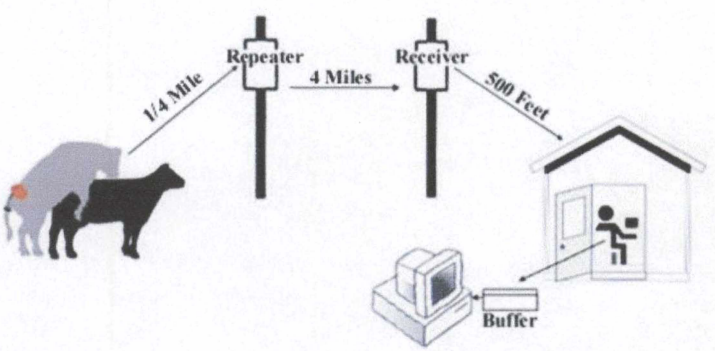


Figura 15. Sistema Heat Watch®. Fuente: www.heatwatch.com.

El dispositivo HW clasifica a los animales en celo si se han registrado tres eventos de monta en un periodo de cuatro horas, los animales con menos periodos de monta son clasificados como "sospechosos" los cuales se recomienda observar los signos secundarios de celo como forma de confirmar el mismo. También el sistema detecta a aquellos animales con celos de corta duración, aquellos que reciben mas de una monta en un periodo de 13 días lo cual ayuda a identificar a los mismos y poder tomar las medias necesarias.

Para esto el software posee un listado que ubica a los animales según la actividad registrada por sus radiotransmisores, como los anteriormente mencionados como

también los animales que no retornan al celo son aquellos que no han recibido montas en los correspondientes periodos de cuatro horas en los últimos 25 días y aquellos que no han registrado actividad (At-Taras y Spahr, 2001).

Los valores de eficiencia y exactitud de este dispositivo son muy altos comparados con los demás métodos de detección de celo.

Según Xu y col. (1998) los valores de eficiencia y exactitud conseguidos en este trabajo son de 91,7 y 100% respectivamente, aventurando así que todos los celos detectados son correctos.

Los índices de concepción logrados en este estudio fueron similares a los valores de la observación visual, 65,8% y 65% respectivamente. Sin embargo los mayores valores de concepción se lograron cuando la IA se realizo entre 12 y 18 horas de la primera monta registrada.

También se demostró la buena performance del HW tanto para animales en pasturas como animales en condiciones en confinamiento. Los valores de eficiencia comparados con los de observación visual (98,1%) durante el mismo trabajo son menores para el HW debido según los autores a fallas en mantener la correcta posición del parche donde se encuentra el dispositivo transmisor.

Este anterior problema como la pérdida de los dispositivos es una complicación en los establecimientos de grandes dimensiones y a pastoreo. Pero la pérdida del dispositivo se lo puede considerar como que el animal esta o ha estado en celo (Xu y col., 1998).

Como ventaja de este método es la posibilidad de permanecer sobre el animal las 24 horas del día, lo que ayuda a que todas las montas puedan ser registradas, inclusive las que ocurren durante la noche.

Sin embargo Nebel y col. (2000) observaron que el comienzo de los celos o las primeras montas se registraban entre las 12:00 y las 15:00 horas y entre las 21:00 y 23:00 horas, aunque la actividad de monta tuvo una distribución constante a lo largo del día.

Quizás uno de los inconvenientes de este método sea su alto costo con respecto a otros métodos existentes con valores de eficiencia similares, aunque sus fabricantes comentan que alrededor del año de uso se recuperaría la inversión. (www.heatwatch.com.)

Según proveedores como JM-Sales consultados por el precio del HeatWatch® System para la versión de Windows ronda los U$S 3950 incluidos el software, estación base, instalación e instrucciones; además se detallan los costos de los repetidores en el caso de que se necesiten a U$S 995 cada uno, mas los trasmisores U$S 45, parches U$S 4.5 y la goma o pegamento especial para mayor duración U$S 4.5 (www.jm-sales.com, 2009).

También dentro de esta clase de dispositivos existe el Heat Watch®Xpress™, el cual imprime los resultados de las diferentes montas registradas por los diferentes transmisores, la fecha, la hora de la monta y la duración de la misma, como también el estado de los otros transmisores. En esencia el sistema es igual al anterior.

La distancia entre los animales y el lugar de recepción es de 450 metros aproximadamente, aunque con la colocación de antenas esta distancia se puede ampliar. Este método tiene un sistema prefijado que selecciona en listas según la cantidad de montas que se hayan registrado.

Seleccionando a los animales para IA si han recibido tres montas en un periodo de cuatro horas con una duración mínima de las mismas de dos segundos, registrando los datos mencionados anteriormente.

Otra lista es para los animales sospechosos que no califican para IA, por tener pocas montas o ninguna en lo periodos de cuatro horas.

Según los fabricantes tienen una eficiencia y exactitud de 95% en identificar celos, determinado el momento preciso de comienzo del celo, lo que brinda una ayuda extra para la determinación del tiempo de IA.

7.2.5 Dispositivos contadores de montas

Estos dispositivos consisten en un sistema de conteo de montas registradas en el propio dispositivo para luego ser visualizados y tomar la decisión de la inseminación.

Los mismos son colocados en la base de la cola del animal dentro de un parche el cual se adhiere al pelo del animal mediante pegamento (Figura 16). Al realizarse la monta por mas de 3 segundos el dispositivo es accionado y comienza en el caso del TattleTale Timed Mount Heat Detector™ (Brandon, South Dakota, USA), el conteo de doce horas desde la primer monta registrada, registrando en cada hora de las doce la cantidad de montas que se registran en cada una de ellas, la información es suministrada por medio de las luces parpadeantes.

Este instrumento es preciso, cronometra, registra y muestra las montas de más de 3 segundos realizadas previo a la ovulación. Su costo es de U$S 30,95 cada unidad.

El mismo cuenta con una serie de doce luces una para cada hora, desde primera monta de mas de 3 segundos. El destello largo de cada luz indica la hora, mientras que los destellos cortos indican la cantidad de montas que se han registrado en esa hora, por ende si se cuentan la cantidad de destellos dentro de una hora se podrá conocer la cantidad de veces que la vaca permaneció inmóvil.

En el caso de ver las luces encendidas se puede conocer la hora precisa de la primera monta, para decidir de ahí en más el momento optimo para IA.

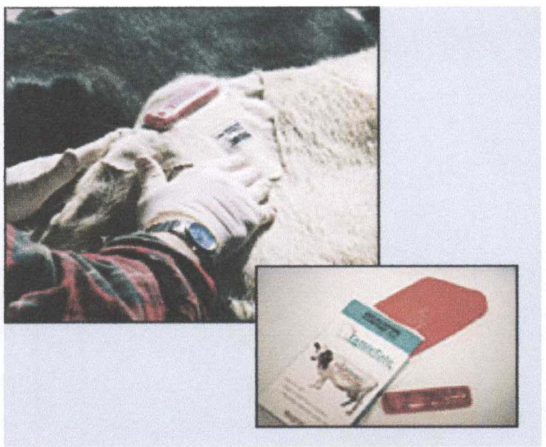


Figura 16. Contador de número de montas. Fuente: www.cowbreeder.com.

También se podrá visualizar el pico de actividad de monta de cada animal.
El número de montas realizadas tiene un significativo efecto sobre la tasa de preñez, animales con menos de 3 montas en el periodo de estro mostraron tener un 41% menos de chances de preñez frente a los animales con más de 3 o más montas. Podría ocurrir que esos animales con menos de 3 montas quizás no estén realmente en celo y sean erróneamente inseminados (Dransfield y col., 1998).

Con la ayuda de este dispositivo se puede prever en cierta forma las probabilidades de preñez, viendo las cantidades de montas que se han realizado, lo que también ayuda en la toma de decisión de IA o no.
El dispositivo cuenta también con la posibilidad de poder chequear las montas realizadas luego de pasadas las doce horas, mediante un reseteo del dispositivo.

Otro dispositivo de los mismos proveedores del Heat Watch®, es el MountCount® el cual al igual que el anterior registra las montas pero da la información de cuando es el mejor momento para IA, sugiriendo realizar el servicio entre las 4 y 16 horas del inicio del celo (Nebel, 1998).

Este dispositivo cuenta con tres luces parpadeantes, con solo mirar a los animales unas dos o tres veces al día se puede obtener información de aquellos animales que están por entrar en el periodo de celo, aquellos que se encuentran en el mismo y también de aquellos que están en la mejor fase para recibir la IA (HeatWatch® Estrus Detection System, 2008).

7.2.6 Animales marcadores

Sin lugar a dudas que los mejores detectores son los propios animales, ya sea las propias hembras compañeras de grupo como los machos. Suelen estar las 24 horas con los animales a detectar, por lo que este método suele ser de los más eficientes (Foote, 1974).

El mismo consiste en la correcta elección de los animales como hembras, machos enteros o castrados (retarjos) pero que en cualquiera de los casos tengan muy buena libido situación que puede estar, en el caso de los machos enteros relacionada con la agresividad, lo que aumenta el riesgo de accidentes para el personal (Ball, 1987).

Los mismos deben de tener muy buen estado de salud ya que podrán tener una actividad intensa cuando se encuentran en situaciones de detectar varios celos durante un cierto periodo de tiempo, sobre todo cuando se sincronizan varios animales para IA.

Tanto los machos como las hembras pueden ser alterados estructuralmente u hormonalmente. Estructuralmente se puede llamar a las diferentes alteraciones quirúrgicas realizadas a los machos con el objetivo de no permitir la copula o si ésta se realiza que pierdan la capacidad de preñar.

Hormonalmente se pueden alterar con hormonas masculinas, principalmente a las vacas freemartin o aquellas de refugo, especialmente por baja producción u otro problema que no interfiera con la propia detección de los celos, con buena conformación para aumentar el deseo sexual tal cual se sucede durante el celo como también machos orquiectomizados para aumentar la libido de éstos animales en particular (Guastavino, 2007).

El uso de machos ayuda a la manifestación del celo por efecto psicosexual por el hecho de su presencia en el rodeo, pero pueden ser dispersores de enfermedades venéreas o pueden llegar a preñar a los animales a detectar (Garnero y Perusia, 2005).

Estos animales llevan un marcador como el Chin-Ball, que es un bozal con un marcador a base de tinta (tipo bolígrafo) el cual durante el descenso del animal marcador deja una marca de tinta sobre la parte posterior del animal a marcar. Posee un costo por unidad de 30-45 U$S (impuestos incluidos) sin incluir la tinta (Figuras 17,18 y 19).

La eficiencia de este tipo de métodos ronda en 78-96% (Dick, 2003).

Los animales a detectar pueden llevar pintura, etiquetas detectoras de monta o Kamar® en la base de la cola como forma de maximizar la identificación de los animales que están en celo.

Uno de los problemas del método es cuando los animales marcadores apoyan el mentón sobre los animales a marcar a nivel de la base de la cola, lo que puede llegar a confundir a la hora de determinar si la vaca esta pronta para IA (van Eerdenburg, 2009).

El reservorio de tinta puede llegar a durar una semana, pero en animales muy activos o con un número elevado de animales por retarjo se deberá recargar más a menudo la tinta. La efectividad del sistema depende de la capacidad de almacenamiento de tinta y de los animales que los portan.

Los toros equipados con Chin-Ball obtuvieron un 64% de preñez cuando se inseminaban los animales marcados, mientras que aquellos que fueron detectados solo visualmente obtuvieron 45% de preñez (Foote, 1974).

Figura 17. Fotos del bozal Chin-Ball en un animal marcador. Fuente: www.agroterra.com.

Los animales androgenizados equipados con el Chin-Ball detectaron y marcaron un 47% de los animales en celo pero no marcaron a ningún animal con altos niveles de P4, o sea que no estaban en celo (Gwazdauskas y col., 1990).

Para la androgenización de las hembras se utilizo enantato de testosterona 1000 mg. vía subcutánea (SC) por 3 días consecutivos, re inyectando la misma droga pero a razón de 500 mg. SC a las dos semanas por todo el periodo de utilización de los animales.

El empleo de dispositivos detectores de montas asociado a hembras androgenizadas aumentó el porcentaje de celos detectados en 1,3 a 6,2% comparado con la detección usando ambos métodos por separado (Gwazdauskas y col., 1990).

En el caso de la selección de los animales, las hembras mas comúnmente seleccionadas son aquellas diagnosticadas de freemartismo ya que desde el punto de vista reproductivo no tienen ningún fin.

Figura 18. Animales marcadores con el dispositivo chin-ball. Fuente: pubs.caes.uga.edu y www.bentleyhungary.hu

En el caso de los machos, principalmente lo que varía es el temperamento de los animales enteros con respecto a los castrados.

Las opciones para los machos enteros es la preparación quirúrgica mediante la cual se logra que los animales marcadores no preñen a las vacas a detectar, ya sea por esterilización con introducción del pene o la no introducción del mismo (Cuadro IV).

Las técnicas quirúrgicas pueden ser usadas solas o en combinación unas con otras.

En el caso de la vasectomía se produce la esterilización del toro, pero no evita la intromisión del pene con lo cual podría transmitir enfermedades venéreas. La misma consiste en la sección de ambos conductos deferentes en cualquier parte de su trayecto.
En el acortamiento de los músculos retractores del pene consiste en la ligadura de los mismos 8 a 10 cm. por debajo de la arcada isquiática, se recomienda realizarlo a toritos jóvenes, preferentemente vírgenes de no mas de un año de edad.

La fijación de la "S" peneana con argolla nasal consiste en fijar a la piel la curvatura distal de la "S" peneana. Se puede realizar a toros de cualquier edad y es reversible en el caso de que no existan adherencias. Existe una variante pero que fija mediante sutura la curvatura distal (ventral) de la "S" peneana.

También existe el desplazamiento lateral izquierdo del prepucio y del pene, recomendado para animales jóvenes alrededor del año y de razas lecheras o de carne con prepucio corto. La técnica consiste en desplazar la boca prepucial y el pene hacia lateral, pasando éste por un túnel subcutáneo y suturando la boca prepucial en un nuevo lugar. Para cuando el animal exterioriza el pene lo hace hacia lateral lo que dificulta o imposibilita la penetración (Garnero y Perusia, 2005).

Cuadro IV. Diferentes tipos de animales marcadores. Ventajas y desventajas.

Animal	Procedimiento	Ventajas	Desventajas
Toro con Pen-o-Block	Colocación quirúrgica de un dispositivo que evita la exteriorización del pene	-permite la monta normal -evita la extensión del pene y no hay penetración ni eyaculado -ayuda a prevenir enfermedades venéreas	-efectivo solo durante un año ya que el toro tiende a perder la libido
Toro con Vasectomía	Remoción quirúrgica de una parte de los conductos deferentes causando esterilidad	-libido normal -los estímulos de la copula mejoran la tasa de concepción con IA.	-disemina enfermedades venéreas
Toro con prepucio o pene desviado	Redirección quirúrgica del prepucio y del pene hacia a un lado evitando que el pene pueda entrar por la vulva	-mejor detección que con pene bloqueado o vasectomía -evita enfermedades venéreas -no se pierde libido rápidamente	-no se han notado
Toro con epididimectomía caudal	Remoción quirúrgica de cola del epidídimo, el semen no llega al pene	-cirugía relativamente sencilla -método económico	-disemina enfermedades venéreas
Hembra androgenizada	Inyecciones o implantes con testosterona antes del empadre	-duradera -mas segura que los toros -mas barata que cirugía -no se mantienen animales extra fuera del empadre	- no se han notado

Fuente: Asprón, (2004)

Se aconseja la presencia de un retarjo cada 30 vacas a detectar, ya que más animales a detectar por marcador la eficiencia de la detección disminuye; máximo uno cada 50 animales y una vez detectado el animal en celo retirarlo con el fin de que el animal marcador pueda seguir detectando otros animales, ya que frecuentemente ocurre preferencia por algún animal en particular dejando de identificar a otros que incluso pueden tener menor intensidad en la manifestación del celo, tendiendo así a disminuir la eficiencia la cual ronda en un 90% con una sola observación visual al día (Murray, 1990).

Figura 19. Dispositivo Chin-ball. Fuente: colombia.acambiode.com.

Las ventajas del método es la efectividad, la continua permanencia de los animales marcadores, estimulan la conducta sexual en las hembras que componen el rodeo, existe una exactitud muy elevada ya que solo detectan a los animales en celo y pueden ser usados como repasos luego de realizadas las IA para saber si retornan al celo.

Los problemas y desventajas radican en la interpretación para evitar los falsos-positivos, la necesidad y costo de preparar y mantener en buen estado de salud a los animales marcadores, la necesidad de tener y manejar un toro dentro del rodeo, algunos toros pueden con el tiempo perder la libido, puede tener hembras favoritas y descartar las demás que pueden estar en celo al mismo tiempo y puede suceder que el Chin-Ball se dañe o la tinta se acabe antes de que sea percatado por la persona responsable (Foote, 1974; Marcantonio, 1998).

7.3 MÉTODOS BASADOS EN LA MEDICIÓN DE LA ACTIVIDAD FÍSICA

Es bien sabido el cambio en el comportamiento de los animales, particularmente el aumento en la actividad física como una característica de los bovinos durante el periodo de estro. Los bovinos incrementan marcadamente su actividad en este período. El número de pasos por hora aumenta entre dos y cuatro veces más que durante el periodo del diestro (Farris, 1954; Kiddy, 1977).

Este efecto es característico de los mamíferos, siendo las ratas blancas de laboratorio los primeros mamíferos en ser estudiados en este tema en la década del 20 por Wang

(1923), así también Slonaker y col. (1924) demostraron que el pico de la curva de actividad de la rata correspondía con la etapa de la cornificación de las células de la vagina, etapa de aceptación del macho (Farris, 1954).

7.3.1 Podómetros y collares

Para determinar el aumento en la actividad física en las vacas durante el estro se han propuesto diferentes tipos de dispositivos que miden los pasos dados como también los movimientos del cuello en un determinado tiempo dado. Los primeros son brazaletes colocados en el miembro posterior o podómetros y los segundos collares alrededor del cuello (Figuras 20, 21y 22). Esta clase de dispositivos permite el continuo monitoreo de las vacas y detectan el celo en forma eficiente y exacta (Senger, 1994).

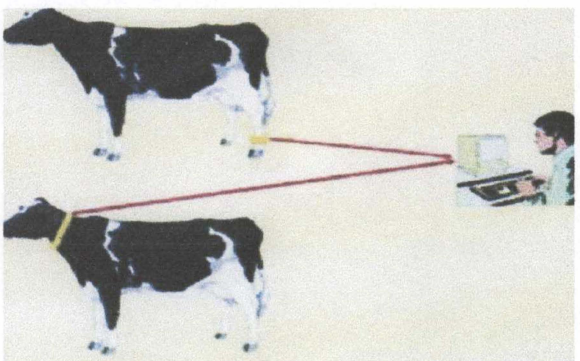


Figura 20. Dispositivos para medir la actividad física. Fuente: Marcantonio, (1998). Disponible en: www.produccionbovina.com.

Según Farris (1954), el aumento en la actividad física ocurre por dos días en la mayoría de los animales aunque hubo casos de tres o cuatro días, relacionándolo al estro, también los signos clínicos de celo se evidenciaron al segundo día del incremento en la actividad física, como forma de confirmarlo los animales fueron inseminados al segundo día del aumento de la actividad y todos concibieron.

Todos los animales que fueron estudiados con podómetros que medían la actividad física durante 24 horas durante cinco días antes y cinco días después del celo muestran un marcado incremento en la cantidad de pasos durante el mismo.

Por ejemplo el día previo al incremento de pasos las lecturas miden 9300 pasos, mientras que durante el celo aumentaron a 15800, para luego descender a las 48 horas a 7200 pasos. También se estudió en un solo animal la actividad diaria durante el

periodo de dos ciclos estrales, evidenciando claramente los picos en la gráfica, de aumento en la actividad física durante el estro (Figura 21).

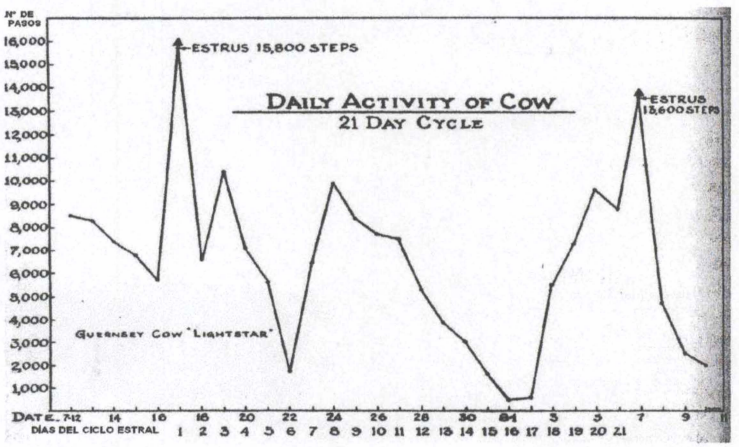


Figura 21. Actividad de una vaca, evidenciando el aumento en la actividad durante dos ciclos estrales. Durante el primer estro, la vaca realizó 15.800 pasos; durante el segundo 13.600 pasos (Farris, 1954).

Estudios realizados detectando celos con el uso solamente de podómetros y confirmando los mismos con el estudio del mucus cervical e inseminando aquellos animales que aumentaban un 90% en su actividad física con respecto a dos días anteriores que se tomaban como línea de base.

Como forma de conocer en que grado de aumento de la actividad se obtenía el mayor porcentaje de preñez, se dividió en grupos según el aumento en porcentaje de actividad, tomando como línea de base los valores registrados en el interestro.

Los diferentes grupos fueron *G1 d*e 90-199%, *G2* 200-299%, *G3* 300-399%, *G4* 400-499%, *G5* 500% o mas, valores de aumento en la actividad. Los porcentajes de preñez fueron 28% (50 vacas de 179), 34% (98 de 289), 38% (71 de 188), 49% (41 de 83) y 22% (6 de 27) respectivamente para cada uno de los cinco grupos.

Existe una clara relación entre el aumento en la actividad física durante el estro y la fertilidad. Se pudo evidenciar que las posibilidades de preñez aumentan progresivamente a medida que aumenta la actividad física a valores cercanos a las cinco veces del nivel basal, para luego declinar.

Los resultados con mayor probabilidad de preñez fueron para aquellos animales que aumentaron entre 400 y 499% su actividad física (*G4*), mientras que los menores valores de fertilidad se registraron en aquellos animales con los mayores niveles de actividad física o sea con valores de mas de 500% de aumento en su actividad física (*G5*), probablemente sea un reflejo de algún desorden endocrino o algún desorden ovárico probablemente quistes ováricos. En el caso de los quistes ováricos por su

mayor tamaño producirían más estrógenos lo que llevaría a un aumento en la actividad física, aunque el autor propone investigar más sobre este tema, para poder decir si los animales con quistes ováricos aumentan su actividad física (Yániz y col., 2003).

Se analizaron las posibilidades de detectar el momento del celo y poder predecir el momento de la ovulación en base al uso de podómetros, evidenciando al mismo tiempo los diferentes síntomas de celo según la escala de van Eerdenburg y col. (2002) la cual mide la intensidad del celo, como forma de comparar los resultados de las lecturas de los podómetros y los resultados de la escala durante el momento del celo.

Si se confirmaba por ambos métodos la presencia del estro se realizan ultrasonografías entre las 8 y 11 horas de terminado el celo, para determinar el tiempo de ovulación. Se pudo comprobar que las vaquillonas tienen mayor duración y más actividad física durante el celo que las vacas multíparas.

En este estudio la intensidad de los signos de celos aumentó cuando mas animales estaban en celo al mismo tiempo y el número de pasos se incrementó cuando se daba la misma situación, pero este último aumento no fue significativo.

Si bien el número de animales en celo al mismo tiempo no influyó en el número de pasos durante el celo o sea que el aumento en el numero de pasos no fue significativo, más animales eran detectados en celo por los podómetros cuando más de dos animales estaban en celo al mismo tiempo (95%), comparado con dos animales al mismo tiempo (85%) o cuando solo un animal se encontraba en celo (67%). Los comportamientos de celo más intensos tienen más chances de ser detectados por los podómetros.

En cuanto al momento de la ovulación, la misma tuvo lugar 29,3 horas en promedio de comenzado el celo según las lecturas de los podómetros y de 19 horas en promedio de finalizado el celo. Estos valores fueron los mismos tanto para vaquillonas como para vacas y no estuvo influenciado por la cantidad de animales en celo al mismo tiempo. El tiempo desde el fin del celo detectado por podómetros hasta la ovulación fue mas corto en vaquillonas que en animales multíparos, probablemente debido a la mayor duración del celo en las vaquillonas (Roelofs y col. 2005).

Según Nebel y col. (2000) las diferencias en la actividad física dependen del ambiente en donde se encuentren los animales, ya que ambientes más confortables influencian la magnitud de los cambios en la actividad física.

Hurnik y col. (1975) y Amyot y Hurnik (1987) citados por Nebel y col. (2000) estudiaron el comportamiento de las vacas en forma continua mediante el uso de video grabaciones revelando que las vacas pasan más tiempo caminando durante el celo y menos tiempo dedican al descanso o a la alimentación. A su vez cita a Pennington y col. (1986), donde confirma que la observación continua es más confiable que las medidas del podómetro y las observaciones periódicas.

Usando podometría y grabaciones de video Verner y col. (1994) citado por Nebel y col. (2000), reportó que la actividad física aumentó en las 4 horas previas al comienzo del celo, donde se pudo ver que los picos de la actividad de monta ocurrían durante los momentos de menor actividad física de todo el rodeo. Las vacas tienden a localizar a otra compañera sexualmente activa al mismo tiempo, cuando menos actividad existe en el rodeo.

Gracias a podómetros que cuentan los pasos por hora se determinó un aumento lineal en el numero de pasos de las vacas previo al comienzo de celo, desde las 72 horas hasta las 16 horas previas al mismo. Desde las 16 horas hasta el celo el aumento de los pasos aumenta en forma más rápidamente y linealmente hacia el estro, seguido de una exponencial caída del número de pasos luego del celo (Arney y col., 1994, citado por Nebel y col. 2000).

Los podómetros más nuevos cuentan con una señal de alarma en forma de luces con flashes que son activados cuando en los dos últimos periodos de dos horas el número de pasos aumenta al doble con respecto a periodos de dos horas anteriores, los cuales se toman de referencia. El costo total del sistema consultado (ag.info.omafra@ontario.ca) es de US$ 14.000 y puede ascender a los U$S 30.000 con el agregado de un sistema de identificación en la sala de ordeñe.

Lehrer y col. (1992) cita la efectividad y la exactitud de los podómetros entre 91% y 92% respectivamente según Cohen y col. (1990). En el Cuadro V se aprecian los valores de eficiencia y exactitud del uso de podómetros con respecto a dos o tres observaciones visuales diarias de diferentes autores y años.

Cuadro V. Eficiencia/exactitud en la detección de celo con podómetros comparado con la observación visual dos o tres veces por día.

Podómetros	*Obs. Visual*	*Referencia*
78%-96%	45%	Pennington, 1986
76%	35%	Meter and Bosu, 1986
91%-92%	94%-94%	Cohen et al., 1990
76/56%-87/22%	60	Gauger et al., 1991
61/87%-86%?	42	Liu and Spahr, 1991
91%-87%	46	Pulvermacher and Wiersma, 1991
96%-95%	81	Schofield et al.,1991

Fuente: Lehrer y col. (1992).

Según las mediciones del podómetro las cuales eran analizadas tres veces por día en la sala de ordeñe, donde un aumento del 80% en la actividad física de los animales con respecto a las lecturas de dos días previos eran tomadas como el limite mínimo para diagnosticar el celo.

Se observo que la actividad física es afectada por el número de lactancias, la estación del año y la producción individual de leche. Durante los meses mas cálidos la actividad física es marcadamente menor que en la época fresca, ya que en la zona donde se realizo el trabajo dividen al año en dos épocas bien marcadas, la cálida (Mayo-Septiembre) y fresca (Octubre-Abril). Los valores fueron 369 ± 152% versus 384 ± 156% de aumento en al actividad para la época cálida y fresca respectivamente (López-Gatius y col., 2005).

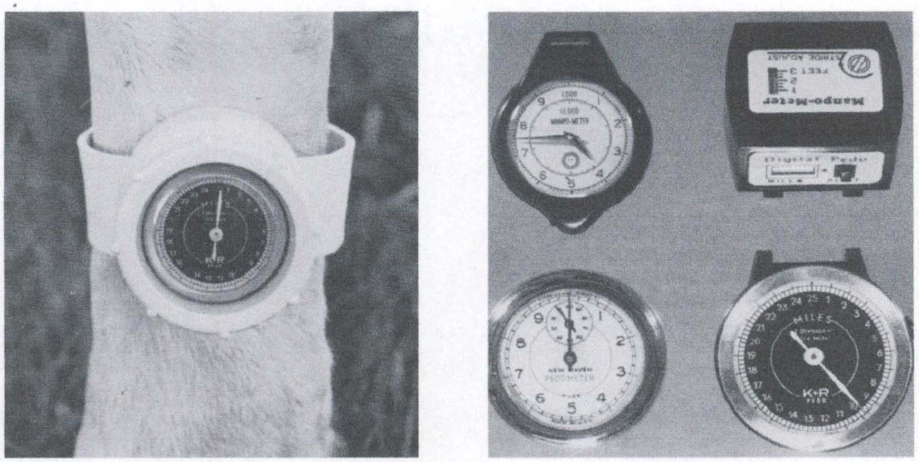


Figura 22. Diferentes tipos de podómetros (Kiddy, 1977).

Los estrógenos son la principal señal recibida por el hipotálamo para la inducción del comportamiento de celo, las bajas concentraciones de estrógenos en el plasma sanguíneo explican la disminución de la actividad física en los periodos cálidos. El estrés calórico reduce la producción de estrógenos por el folículo y es asumido como que las altas temperaturas inducen a una menor intensidad de comportamiento de celo, por ello las ovulaciones silenciosas son más comunes en los meses más cálidos de año según Orihuela (2000), citado por López-Gatius y col. (2005).

Por cada lactancia adicional en la vida del animal y por cada litro de leche adicional en la producción individual, está asociado con detrimentos de 21,4 y 1,6% en la actividad física durante el celo, respectivamente.

Esto se debe a que los animales con mayor producción (>39,5 kg/día) de leche tienen al momento de celo menor concentración de estradiol en sangre y por ello las expresiones de celo se ven reducidas con relación a las de baja producción (< 39,5 kg/día) según López y col., (2005) citado por López-Gatius y col. (2005).

Existe una inversa correlación entre la producción de leche y la actividad física, ya que el elevado metabolismo en animales de alta producción, la reducida producción de

estradiol y el elevado clearance del mismo conllevan a una menor concentración de estradiol en sangre (Yániz y col., 2003; López-Gatius y col., 2005).

Como forma de poder dar por sentado el uso de podómetros en la detección de celos y la posterior IA se inseminaron animales en diferentes horas de comenzado el celo, resultando en un 83% de concepción cuando se inseminan animales entre las 6 y 17 horas de comenzado el celo, como valor optimo se estimó en 11,8 horas de comenzado el mismo, con porcentajes de concepción cercanos al 95% (Maatje y col., 1996).

Con respecto a las ventajas otorgadas por este método, tenemos que los dispositivos usados actualmente tienen un seguimiento continuo del animal y cuentan con luces, flashes u otro distintivo para avisar que el comienzo del celo ha tenido lugar, como también la capacidad de almacenar datos para cuando el animal ingresa a la sala de ordeñe poder leer la información en los diferentes dispositivos.

Se han sugerido el uso de dispositivos implantados en la zona sacra del animal en donde las contracciones musculares, generarían ondas de voltaje durante el apoyo del pie sobre el piso durante las caminatas, activarían los sensores implantados en los músculos dando una señal inalámbrica a un recibidor ubicado en la sala de ordeño, por ejemplo. Otro tipo de dispositivos implantados en la región perineal, dotados de sensores piezoeléctricos detectarían los pasos dados por el animal (observaciones no publicadas por Lewis, citado por Senger, 1994).

Figura 23. Podómetro ligado al miembro del animal. Fuente: Redeen y col., (2000). Fuente: www.e-campo.com.

Las desventajas del método son la pérdida de los podómetros o de los collares, mencionado en la mayoría de los trabajos, con la consecuente perdida de la información y generando un costo extra por el reemplazo del dispositivo.

Los valores falsos-positivos según Lehrer y col. (1992) se atribuyen a limitaciones técnicas de los podómetros o a condiciones externas de manejo o del ambiente.

Por otro lado los falsos-positivos según Roelofs y col. (2005) se atribuyen a condiciones del manejo en un determinado momento, por ejemplo animales que han sido forzados a pasar a través de un baño podal incrementando el numero de pasos en ese periodo.

También se menciona la posibilidad de aumentos en el número de pasos pero de muy corta duración, no siendo detectados por los dispositivos usados en ese caso, los cuales necesitaban un incremento del numero de pasos de dos periodos consecutivos de dos horas cada uno, comparados con los dos periodos de dos horas cada uno de los diez días anteriores.

La restricción del movimiento en los animales estabulados o confinados puede hacer menos efectiva la detección de celos con el uso de podómetros, ya que en estos casos es mejor la continua monitorización de la variación en la actividad diaria de los animales (Kiddy, 1977).

Farris (1954) concluye enfatizando que todos los animales estudiados aumentan su actividad física durante el celo, disminuyendo el día previo y el día después al mismo. Como forma de confirmar que el aumento en la actividad física se relaciona al celo los signos clínicos del mismo coinciden en el mismo periodo.

Lo mismo comprobó Roelofs y col. (2005) y concluye que la podometría es una herramienta útil para la detección de celos en forma correcta como también una promisoria herramienta para la predicción de la ovulación.

Para resaltar la importancia del uso de los podómetros se tuvo en cuenta las situaciones como celos cortos, celos durante la noche y reflejos de pasividad no expresados que sin el uso de podómetros en este trabajo se hubiesen perdido de detectar 28 comportamientos de celos (44%) de los cuales el 68% de esos 28 celos fueron detectados únicamente por los podómetros (Roelofs y col., 2005).

La variabilidad de los resultados depende según el manejo y condiciones de confinamiento que se realicen en el establecimiento. Las variables halladas en los resultados se dan según condiciones de confinamiento o no, ya que dispositivos como los podómetros o los detectores de los cambios en la temperatura (corporal o de la leche) dependen de la actividad que pueda realizar el animal.
Animales que se pueden trasladar muestran diferentes resultados que aquellos que no lo pueden realizar (Schluensen y col., 1987 citado por Lehrer y col., 1992).

7.4 METODOS DETECTORES DE CAMBIOS NO VISUALES

7.4.1 Resistencia eléctrica vaginal

La resistencia al pasaje de la corriente eléctrica o resistencia eléctrica vaginal (REV) a nivel de tejidos y secreciones vaginales ha sido propuesta y estudiada desde el reporte de Aizinbudas y Doviljtis (1962) citado por Feldmann y col. (1978) como método para la detección de celos, la cual se basa en un principio fisiológico con bases científicas sólidas.

Los cambios que ocurren durante el ciclo estral de los bovinos en la hidratación de los tejidos de vagina y vulva y los cambios en sus secreciones suceden de forma cualitativa y cuantitativa principalmente, debida a la acción de los estrógenos modificando la REV en las diferentes etapas del ciclo estral. Estando inversamente relacionados los altos niveles de hidratación de los tejidos y el descenso en el contenido de materia seca con la disminución de la REV; esta es la base biológica para la detección de celos mediante la medición y monitoreo de los cambios en la impedancia de los tejidos genitales (Lehrer, 1992; Marcantonio 1995).

La vulva de los bovinos se torna edematosa, aumentando su tamaño y tornándose mas enrojecida debido al aumento en el volumen de sangre que fluye hacia los genitales a medida que nos acercamos al estro, debido a la acción de los estrógenos secretados por el folículo dominante en crecimiento.

Se ha podido determinar mediante observaciones clínicas e histológicas los diferentes cambios en la hidratación de los tejidos de los órganos sexuales y el aumento de las secreciones vaginales y del mucus cervical, éste último de principal importancia para la determinación de las variables en las conductancias eléctricas (Feldmann y col., 1978; Ezov y col., 1990).

Para poder determinar la REV in vivo en forma individual, se mide el pasaje de la corriente eléctrica mediante una sonda ubicada en el lumen vaginal o dentro de la pared vestibular de los bovinos (Figura 24), compuesta de dos electrodos que miden el pasaje de la corriente eléctrica entre ellos mediante un ohmiómetro (Stan, 1969; Leidl, 1976; Feldmann, 1978; Carter y Dufty, 1980;).

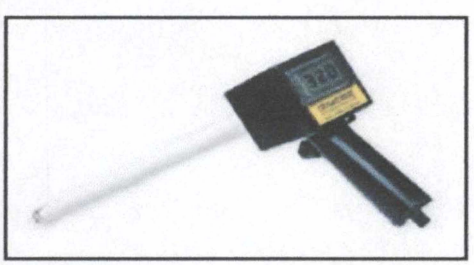


Figura 24. Sonda para la medición de la REV (Guastavino, 2007).

El pico pre-ovulatorio de la hormona luteinizante (LH) se extiende por un periodo de tiempo aproximado de unas 5 horas como promedio, con valores de 1,5 ng/ml de plasma durante el diestro vs. 10-30 ng/ml de plasma en el estro coincide no solo con el menor valor de la REV (Schams y col., 1977; citado por Wehner y col., 1997), sino también con los valores máximos de estrógenos en sangre periférica de 0,17 ng/ml de plasma durante el celo vs. 0,08 ng/ml de plasma durante el diestro (Leidl, 1976).

Los cambios que ocurren a lo largo del ciclo estral suceden en forma gradual obteniendo los máximos valores de REV durante el diestro, mientras que los valores mínimos de resistencia eléctrica a nivel de tejidos y fluidos ocurren durante el estro (Feldmann y col., 1978).

Los descensos en los valores de REV ocurren también en animales con patologías de los órganos genitales, por ello a los 30 días luego del parto se podría usar como forma de control de dichas patologías (Lehrer y col., 1991).

Las pruebas realizas para confirmar la influencia de los estrógenos en la disminución de la REV, se realizaron ensayos en animales ovariectomizados, los cuales no evidencian cambios en la REV a lo largo del ciclo estral, sin embargo luego de la administración de estrógenos exógenos los valores de REV disminuyen en la misma medida que en animales normales durante el celo (Leidl y col., 1976).

En el mismo ensayo se observó que aquellos animales con diversas patologías en los órganos genitales como quistes ováricos o endometritis experimentan una disminución en los valores de REV similar a los de un animal sano durante el celo, por esto es aconsejable llevar todos los registros posibles para diferenciar entre las patologías previamente citadas o el celo propiamente dicho, como también se propone como ayuda para detectar algún tipo de estas patologías en los casos que corresponda (Leidl y col., 1976).

Strub y col. (1984) citado por Wehner y col. (1997) encontraron según sus estudios que la REV fue mas exacta en determinar el momento correcto para la IA que la observación visual del comportamiento del celo. Así también en este mismo trabajo se menciona el trabajo de McCaughey y Patterson (1981) donde se comprobó que los valores mas bajos de REV eran aquellos relacionados con los de mayor actividad folicular.

Para poder explicar los cambios en la REV y dar sustento científico se estudiaron los cambios en la hidratación de los tejidos de vagina y vulva durante el diestro y estro para poder compararlos entre si durante el ciclo estral y así poder conocer el momento correcto de manifestación del celo para la posterior IA.

Los hallazgos muestran que existe un aumento del 74% en el peso de dichos tejidos durante el estro de los cuales el 75% corresponde al agua y 25% a la materia seca. Existe un detrimento en la densidad celular debido a un aumento en el tamaño celular o a un aumento del espacio extracelular.

Existe un aumento absoluto en el agua extracelular e intracelular, pero el aumento en porcentaje del agua extracelular comparado con el detrimento en porcentaje en el agua intracelular indica que el principal responsable del aumento del agua total en los tejidos es el agua extracelular, si bien ambos contribuyen al aumento del agua total en los tejidos.

En cuanto al Na^+ y Cl^- iones principales del espacio extracelular, las concentraciones no difirieron entre los periodos de estro y diestro. Se comprobó que la REV es debida a la disminución de la densidad celular, debido al aumento en el agua total de los tejidos principalmente del agua extracelular, también se sugiere la posibilidad de que los cambios en la REV no estén solamente relacionados a la hidratación de los tejidos sino también a la variación del contenido de proteínas solubles de los mismos y a variaciones en los componentes membranosos celulares como las mitocondrias y los ribosomas (Ezov y col., 1990).

A modo de poder confirmar si un descenso en la REV coincide con bajos valores de P4 hay diversos trabajos que muestran muy altas correlaciones (0,92-0,99) entre la REV y la concentración de P4 en leche evidenciando que ambos valores descienden al día del estro según Heckman y col. (1979), o valores de correlación tan disímiles o bajos (0,22) sin poder predecir el momento del celo (Gartland y col., 1975)

Diferentes investigaciones se han realizado en vía de buscar un método práctico que mida la resistencia eléctrica vaginal en forma continua y sin la necesidad de medir repetidamente para poder decidir el momento óptimo para la IA.

Los diferentes dispositivos inventados son para uso en el lumen de la vagina del animal a testear. Debido a la repetición en las medidas para obtener mayor confiabilidad en los resultados para poder visualizar el detrimento en la REV ha provocado en la mayoría de los casos irritaciones de las mucosas con cambios en las mediciones de la misma, lo que ha llevado a que los datos sean pocos confiables.

Para ello se han implementado en forma experimental dispositivos implantados en las paredes de la vagina para monitorear, en este caso, la conductividad eléctrica, contraria a la REV, mostrando elevaciones en los periodos de celo, buscando de alguna manera crear un dispositivo de menor tamaño que se pueda implantar en la pared vaginal, teniendo un registro continuo, con la menor reacción tisular posible y con alcance telemétrico para aumentar la eficiencia y exactitud de este método (Leidl, 1976).

Una característica que se ha podido visualizar es la relación entre los valores mínimos de REV con altos índices de preñez, por ejemplo se registraron valores de 82% de preñez cuando inseminaban a los animales con mediciones de REV por debajo de 30 Ohms, y de 89% con valores de 20-25 Ohms.

Por el contrario a medida que aumentaban los valores de REV a 46-50 Ohms los porcentajes de preñez disminuían al 50% o incluso menos, pero los valores demasiado bajos de REV también presentan bajos índices de concepción al igual que sucede con los altos niveles de REV.

Esto muestra la estrecha relación existente entre los valores de REV durante el celo y la posterior ovulación. Para obtener un óptimo índice de preñez con esta clase de dispositivo se hace necesario que las mediciones sean en forma continua y así poder inseminar en el momento óptimo, o sea con los menores valores de REV que se registren. Los valores de REV intravaginales como a nivel del interior de los tejidos vulvares tienen una correlación inversa a los porcentajes de concepción (Leidl, 1976; Lehrer y col., 1991).

Este método es de gran ayuda para aquellos animales que no demuestran signos de celo o que se encuentran estabulados sin poder manifestar el celo pero igualmente son detectados por la disminución de la REV. Según Meena y col. (2003) un adicional 37,5% de detección de celo en animales inducidos mediante la administración de PGF2α, y la obtención de 11 preñeces de 17 animales detectados en celo midiendo solamente la REV, no concuerdan como efectivos para la detección de celo según Elving y col., (1983 citado por Menna y col. 2003) quienes reportan que los dispositivos para la medición de la REV no son efectivos para la detección de celo.

Según estas diferencias de resultados tan disímiles entre los diferentes trabajos hay que tener en cuenta que cada animal tiene su propio, único e inherente perfil hormonal y fisiológico, se recomienda la medición de la REV al menos de dos ciclos estrales anteriores al periodo de detección, para que puedan ser usados como referencia y la posterior inseminación de los animales cuando los valores de REV comienzan a declinar por debajo de 36 Ohms. (Menna y col., 2003)

Existen dispositivos electrónicos en el mercado para medir la REV como el Ovatec® (Electronic Animal Management Inc., Corfu, NY) con un costo aproximado de U$S 2000 (año 2002) de origen norteamericano y otro de origen polaco de The Draminski Estrous Detector (Dramiski Electronics, Polonia) con un costo aproximado de U$S 300 (Rorie y col., 2002).

En el caso del Ovatec® sus fabricantes recomiendan comenzar con las medidas de REV algunos días previos a la fecha estimada de celo y realizar la IA cuando las lecturas comienzan a declinar por debajo de 55 según su propia escala, pero últimamente proponen la IA cuando se registra la lectura más baja seguida en la siguiente medición de un incremento de la misma (Rorie y col., 2002).

Estudios pilotos sin publicar, citados por Wehner (1996) realizados por la Profitable Breeding Corporation durante dos años (1986-1988) indican que las lecturas obtenidas con el Ovatec® aparentan ser las mas consistentes en los resultados que otras unidades.

Este método de detección de celos ha obtenido valores de eficiencia y de exactitud en algunos casos similares, entre los diferentes trabajos publicados. Valores de eficiencia de 75%-82% y 57-82% de exactitud son reportados por Becaluba F y Becaluba HM, (2006).

Diferentes valores de eficiencia 65-82% y de exactitud 57-82% han sido reportados por diferentes autores en diferentes trabajos publicados (Gorden y Timms, 1988; Phillips y Shofield, 1988; Peters 1989 citados por Lehrer y col., 1992).

Otros resultados de 50%-80% de eficiencia y 35%-80% de exactitud también han sido reportados (Marcantonio, 1998).

Con el uso de sensores radio telemétricos suturados a la mucosa de la vagina, retirados previo a la IA o al parto, obtuvieron 91% y 80% de eficiencia y exactitud, respectivamente. Estos valores fueron más estables debido a que las medidas se realizaban siempre en el mismo lugar de contacto entre mucosa y electrodo (Lewis y col., 1988; Lehrer y col., 1991).

Como ventaja de medir la REV encontramos una alta relación entre los bajos valores de REV (debajo de 36 Ohms) y el pico de LH y la posterior ovulación, aun sin manifestación visible de celo confirmado por bajos valores de P4 en leche, (P4 en leche durante el celo 1,8 ng/ml y durante el diestro la concentración es de 10,1 ng/ml) esto lo hace un método confiable de conocer el momento óptimo para la IA (Gartland y col., 1975).

Por el lado de las desventajas tenemos que este método requiere de calibraciones de los dispositivos a utilizar como forma de estandarizar las diferentes medidas a realizar. El dato de una sola medida de REV no es considerada efectiva debiéndose realizar varias mediciones a lo largo del periestro con el fin de encontrar el nivel mínimo de REV como indicador de celo.

Las repetidas mediciones han llevado a que se desarrollen inflamaciones en las mucosas del tracto reproductivo con variaciones en las mediciones de la REV lo que hace perder confiabilidad en los resultados obtenidos.

Hay que tener en cuenta que en rodeos muy numerosos debe ser muy trabajoso medir uno por uno los animales a ser inseminados salvo que se cuente con registros de expectativa de celos, por ejemplo, así se minimiza el numero de animales a muestrear.

También atribuyen errores en la medición, a las diferentes posiciones en que se coloca el dispositivo dentro de la vagina del animal, que derivan en diferentes valores de REV según el lugar dentro del tracto donde se mide la misma. Los valores de REV difieren según la ubicación de la sonda dentro del lumen vaginal.

Otro factor es la trasmisión de infecciones o de enfermedades reproductivas que se producen en el intercambio del dispositivo medidor de REV entre los animales sin previa limpieza y desinfección de los mismos.

Los animales muy temperamentales dificultan la labor de la medición pudiendo obtener resultados erróneos, ya que las mediciones en diferentes zonas del lumen vaginal proporcionan resultados variables, por esto en animales poco dóciles se dificulta la

interpretación de los resultados (Leidl, 1976; Feldmann y col., 1978; Carter y Dufty, 1980; Marcantonio, 1995).

Como recomendaciones para una mayor precisión y exactitud del método, se deberían realizar las diferentes mediciones de forma que las mismas sean mas frecuentes, teniendo en cuenta las variaciones de resultados según la profundidad del ohmiómetro dentro del lumen vaginal, inestabilidad del contacto entre la sonda y las mucosas y los fluidos vaginales, ya que una sola medición no es de utilidad diagnostica.

Cuando se utilizan ohmiómetros intravaginales la zona que menos variables presentó en los resultados fue la vagina anterior como así también los valores más bajos. Por lo anteriormente citado se han propuesto diferentes dispositivos implantados en la pared del tejido vulvar con alance telemétrico obteniendo resultados muy similares a los obtenidos con los dispositivos de ubicación dentro del lumen vaginal (Gartland y col., 1975; Heckman y col., 1979; Rorie y col., 2002).

Se propuso el monitoreo continuo mediante un electrodo implantado en los tejidos vaginales como forma de evitar las repetidas mediciones y las irritaciones que éstas provocaban en los tejidos, con el objetivo de hacer un dispositivo mas pequeño, con mayor sensibilidad a los cambios de la REV y mejorar los procedimientos quirúrgicos para su implantación, ya que el dispositivo usado mide 14 cm de largo por 8 cm de ancho y el proceso quirúrgico para la implantación provoco que la cicatrización de la herida provocara una disminución de la REV lo que podría llevar a errores de interpretación de las medidas (Feldmann y col., 1978).

Scipioni y col. (1982) citado por Marcantonio (1995) concluyeron que no hay alteración de la flora microbiana de la vagina cuando se siguen las medidas elementales de higiene.

Las exanimaciones post mortem de preparaciones histológicas de los tejidos vaginales, no se encontró tejido conectivo reactivo alrededor del electrodo implantado, pero si células típicas de inflamación crónica (Feldmann, 1978).

Se compararon las eficiencias y exactitudes alcanzadas controlando los cambios en la REV, una dentro del lumen anterior vaginal en forma periódica registrando los datos por radio telemetría con sensores suturados en la mucosa vaginal los cuales eran removidos previo a cada IA y parto y otra con sensores radio telemétricos implantados quirúrgicamente dentro del tejido vulvar. Como era de esperar ambos tipos de dispositivos registraron los mínimos valores durante el celo con una eficiencia del 91% y una exactitud de 80% (Lehrer y col., 1992).

A modo de conclusión los resultados con mayor confiabilidad son aquellos que han medido la REV en forma continua durante todo el ciclo estral de los bovinos, ya sea midiendo repetidamente o por medio de dispositivos fijos implantados en los tejidos.

La mayoría de los trabajos muestran a la REV como una forma segura y eficaz de detectar animales en celo, inclusive mediante dispositivos implantados a una edad

temprana y durante toda la vida productiva del animal, registrando los datos por radiotelemetría u otro sistema equipado con un software adecuado que hace posible la visualización de los datos de la REV en forma continua o cuando la misma se desee (Lehrer y col., 1991).

7.4.2 Cambios en la temperatura corporal

El aumento en la temperatura corporal ha sido relacionado al celo en los bovinos (Hurnik y col., 1985; Walton y King 1986; Clapper y col., 1990; Kyle y col., 1998).

Como forma de corroborar si el aumento de la temperatura corporal esta relacionada al estro, se midieron las diferentes hormonas presentes en el suero de los animales relacionadas al mismo y se observaron los diferentes signos de celo.

Se observó un detrimento de la temperatura corporal unos días previos al celo seguido de un pico en el aumento de la misma relacionándolo con el comienzo de la actividad de monta y el pico pre-ovulatorio de LH, lo cual se ha podido corroborar mediante mediciones continuas de la misma con el fin de hallar alguna correlación entre el aumento de ésta y la ovulación mediante ecografía o análisis de las diferentes hormonas relacionadas a la actividad ovárica (Redden y col., 1992; Kyle y col., 1998).

El dispositivo utilizado es un radiotransmisor ubicado en la vagina que mide la temperatura corporal a nivel de la vagina en forma continua (cada 4 minutos), para registrar los cambios que suceden a lo largo del ciclo y confirmando el celo con mediciones de P4 en suero.

Se recolectó sangre para corroborar las concentraciones de P_4 como forma de confirmar el celo. El mismo era considerado como tal cuando los valores de P_4 eran $\leq$ 0,5 ng/ml de suero y luego ascendían por encima de 1 ng/ml en el correr de una semana así como también se observaron las diferentes manifestaciones de celo dos veces por día

Se asoció el incremento en la temperatura vaginal con el celo, la cual aumentó en 0,6 ± 0,3ºC y se mantuvo elevada con un mínimo de 0,3ºC por 6,8 ± 4,6 horas, detectando 17 de 21 celos con solamente tres falsos-positivos (Kyle y col., 1998).

Según los resultados la medición de la temperatura será un excelente predictor del celo, cuando el incremento de la misma es de 0,4 ºC por el periodo de tres o más horas consecutivas, tomando como línea de base la temperatura registrada tres días anteriores como mínimo. El método contó con una eficiencia de 89,4% y una exactitud de 85,7%.

El máximo aumento en la temperatura registrada fue de 0,9 ± 0,3 ºC y el promedio en la duración del aumento de la temperatura fue de 6,5 ± 2,7 horas. También se registraron detrimentos significativos en la temperatura vaginal tres días previos al celo y

temperaturas significativamente altas en la mitad del ciclo estral, situación también registrada y mencionada por otros autores (Kyle y col., 1998).

Los cambios en la temperatura vaginal de al menos 0,4-0,6 ºC se asociaron con el celo, mientras que un sostenido aumento de 0,3 ºC por encima de la temperatura media de cada animal por 3 horas consecutivas se puede tomar como comienzo en la elevación de la misma y posterior presentación del celo (Clapper y col., 1990).

Cuando comienza la declinación de la P4 en suero a valores ≤ 0,5 ng/ml lo que coincide con la regresión del CL, se comenzó con la medición cada una hora de la temperatura a nivel vaginal, por un promedio de 36 horas y a su vez la observación visual de los signos característicos del celo. Se observaron aumentos en los niveles del estradiol y de LH, coincidentes también con el comienzo en el aumento de la temperatura y la manifestación de signos primarios y secundarios característicos del celo (Clapper y col., 1990).

El promedio de tiempo que dura la elevación de la temperatura fue en promedio de 8,14 ± 3,48 horas. Incrementos de la temperatura de ≥ 0,3 ºC no fueron observados en otras etapas del ciclo estral de los animales, datos basados en mediciones realizados dos veces por día. Desde el pico de LH hasta el comienzo en la elevación de la temperatura existe un intervalo de 8 a 20 horas, teniendo como media unas 17 horas, este parámetro fue el más consistente y con menos variaciones entre los diferentes animales estudiados (Clapper y col., 1990).

Por otro lado tomando muestras de temperatura vaginal dos veces por día, Fordham y col. (1987) citado por Clapper y col. (1990) encontró que el 13% de los celos estudiados no estuvieron acompañados en un aumento significativo de la temperatura corporal, también se cita a otros autores como Maatje y Rossing, (1976) y Ball y col. (1978) que coinciden en los resultados obtenidos.

Clapper y col. (1990) concluye que según el promedio en la duración de la elevación en la temperatura, en los casos que ésta se toma dos veces por día, puede que no fuese detectado el correspondiente pico de la misma cuando se realizaron las correspondientes mediciones, o sea que el pico de elevación de la temperatura ocurre entre ambas mediciones.

Según Walton y King (1986) la temperatura durante el celo aumenta, ya que los valores registrados durante el diestro se encontraban dentro de 38,31 y 38,61ºC y en el día del celo la temperatura registró un aumento del 1,5% e incluso hallaron valores por encima de éste.

En el caso de los resultados falsos positivos las posibles causas se pueden atribuir a la incidencia de mastitis subclínicas las cuales pueden aumentar la temperatura corporal por un periodo similar (aproximadamente 4 horas) al encontrado al que se produce durante el celo según Lefcourt y col., (1986) citado por Kyle y col., (1998), como también las hembras que no están realmente en celo pero participan de la actividad

homosexual, al medir su temperatura corporal aumenta por la actividad y se detectan como en celo (Walton y King, 1986).

Una de las posibles causas que expliquen la elevación de la temperatura se podría atribuir al aumento en la actividad física que sucede durante el celo, ya que luego de ver a los animales en celo se midió la temperatura rectal coincidiendo el celo con el aumento en la misma. El autor concluye lo citado ya que según Yadav y col., (1985) (datos no publicados) no encontraron cambios significativos en el aumento de la temperatura rectal en animales estabulados con restricción de movimiento de animales normales y de animales inducidos a superovulación (Walton y King, 1986).

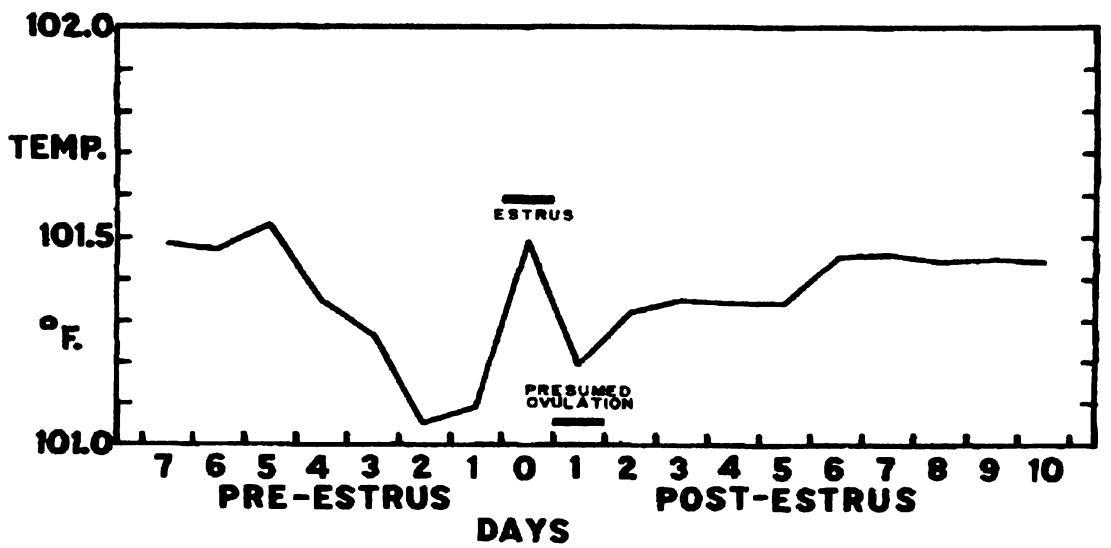


Figura 25. Elevación de la temperatura vaginal durante el estro (Wrenn y col., 1958).

Como anteriormente se citó y se aprecia en la grafica (Figura 25), un par de días previos al celo la temperatura vaginal sufre un descenso el cual es el registro mínimo que alcanza dicha temperatura. La misma aumenta en forma brusca hacia el comienzo del celo, para luego del mismo descender nuevamente.

A medida que avanza el ciclo la temperatura comienza a aumentar hasta valores cercanos a los registrados durante el celo, por ende se concluye que el aumento repentino en la temperatura corporal es debido al incremento en la actividad física en aquellos animales que la pueden realizar. Este aumento en la fase luteal es debido al efecto termogénico de la progesterona, al igual como sucede en el ciclo de la mujer (Wrenn, 1958; Kyle y col., 1998).

Este descenso en la temperatura un par de días previos al celo también ha sido comprobado por lo cual coinciden los resultados obtenidos, se evidencia también el posterior aumento de la temperatura referido al celo y además se comprobó el comportamiento de aceptación de monta de los animales estudiados.

La declinación en la concentración de P4 un par de días previos al celo se podría atribuir a la fase de regresión del CL, el cual podría servir de interés para confirmar el celo. En el estudio realizado los valores más bajos y más elevados en la temperatura se encontraron en las fases del pre-estro y luteal respectivamente, correspondiendo a valores bajos y altos de la P4. El autor atribuye estos cambios al efecto termogénico de la progesterona, la cual ha sido bien establecido como la causal de tal efecto en humanos según Czaja y col. (1986) citado por el autor (Kyle y col., 1998).

Con respecto a los resultados de preñez inseminando según los datos de medición de la temperatura vaginal se lograron mejores resultados a las 20 horas luego del comienzo en la elevación de la temperatura y sin éxitos en aquellas inseminaciones realizadas a las 12 horas, ya que la ovulación sucede aproximadamente a las 24 horas de comenzado el estro lo cual coincide con el aumento de la temperatura. Estos datos según el autor concuerdan con datos de Robbins y col. (1978), donde en vacas de carne el tiempo optimo para la IA se situó entre las 16 y 25 horas de comenzado los primeros síntomas de celo (Kyle, 1998).

La detección del aumento de la temperatura mediante el uso de scanner infrarrojo para detectar los cambios de temperatura a nivel de la piel en bovinos estabulados, ha sido propuesto como método de para detección de celos.

Los resultados obtenidos son alentadores ya que los animales durante el celo evidenciaron cambios en la temperatura corporal. Existe un aumento de la radiación termal a nivel de la zona glútea y zona genitales externos de forma significativa a partir del tercer celo postparto.

Dicha zona fue elegida por al facilidad de colocar el scanner ya que las vacas se mantienen en cubículos la mayoría del tiempo. El scanner se estandariza a una temperatura de 37 ºC y de ahí registra las elevaciones de la misma.

Al menos el 93% de las mediciones individuales evidenciaron un aumento de la temperatura del 25% a partir de los 37 ºC (punto isotérmico) con respecto a los registros de los cuatro días previos.

Los inconvenientes presentados por la técnica es la dependencia del clima reinante ya sea dentro del establo como en el exterior. La frecuencia de falsos positivos es de 33%, principalmente debido a procesos patológicos y 22% de falsos negativos. Se analizaron muestras de P4 en leche como forma de corroborar lo celos. Según los autores promete ser una técnica a desarrollar, como herramienta para el estudio de los cambios de la temperatura corporal a nivel de la piel asociados el celo (Hurnik y col., 1985).

De los cambios en la temperatura asociados al celo solamente un 27% de los ciclos estrales mostró un definitivo aumento en la temperatura, mientras que un 60% tuvo un limitado aumento en la temperatura y un 13% de los ciclos no evidencio cambio en la temperatura vaginal, corroborados con muestras de P4 en leche.

Las mediciones independientes de la temperatura no serian eficaces ya que la temperatura corporal no sigue un patrón dependiente del ciclo estral ya que existen muchas variaciones en el día a día que influyen sobre las medidas de la temperatura corporal que enmascaran la periodicidad de los resultados (Fordham y col., 1987).

Como lo mencionan varios autores el uso de la medición de la temperatura corporal podría ser de ayuda a la detección correcta de celo, principalmente en animales con libertad de movimiento, ya que como se menciono anteriormente los animales estabulados con restricción de movimiento los cambios en la temperatura no son evidentes (Walton y King, 1986).

7.4.3 Elevación de la temperatura de la leche

La elevación de la temperatura en la leche fue observada durante el celo de vacas productoras de leche principalmente, por la facilidad en la obtención de dicha secreción láctea y de poder medir la temperatura a la salida de la glándula mamaria como por ejemplo a nivel de los tubos cortos de leche como en el recibidor.

En el 83% de los casos el aumento de la temperatura se observo en solo un ordeñe, pero en algunos casos solo se vieron en ambos ordeñes. Existieron pequeñas evidencias para poder sugerir que la elevación de la temperatura asociada al celo se volvió más pronunciada a medida que transcurrían más números de celos desde el parto.

Una de las desventajas del método es la existencia de fluctuaciones durante el día, tanto de la temperatura corporal como la de la leche, mientras que en otros animales existen grandes fluctuaciones de la temperatura que son realmente evidentes.

Algunas de dichas fluctuaciones no sobrepasan la temperatura registrada del día anterior al celo o en algunos casos la temperatura se ve aumentada a raíz de alguna patología que en esos días se manifiesta en el animal. Existió una aumento en la temperatura de la leche de aproximadamente 0,3ºC con un rango de 0-1,0ºC en el día del celo con respecto a las anteriores mediciones realizadas a cada animal en los días previos tanto en los ordeñes de la mañana como los de la tarde.
La ocurrencia de celos silentes o de celos perdidos fue también acompañado de elevaciones de la temperatura, ya que se detectaron un 84% de celos midiendo la temperatura de la leche en el colector, con una diferencia de 0,3ºC con las temperaturas tomadas los seis días anteriores al día de la manifestación del celo, pero según Fordham y col., (1987) solo detectaron con el mismo método un 47% de celos (Maatje y Rossing 1976, citados por Fordham y col., 1987).

El aumento de 0,2-0,4 ºC, fue hallado entre un 37-74% de los celos que se estudiaron (Maatje y col., 1987; Fordham y col., 1987 ambos citados por Lehrer y col., 1992).

La detección de celos por medio de la medición de la temperatura en la leche resultó en un medio eficiente con óptimos niveles de detección y bajos porcentajes de falsos

positivos, lo cual se basó en elevaciones de temperatura de al menos 0,2ºC sobre los registros de los tres días previos, los valores son de un 71,6% en promedio ± 16% midiendo tanto en los tubos cortos de leche como en el recibidor, con valores de 10,5% ± 3,0% de falsos positivos.

Una alta tasa de detección de celos solamente se puede obtener con el riesgo de incrementar el porcentaje de falsos positivos, mientras que pequeños porcentajes de falsos positivos se pueden lograr a expensas de perder mas periodos de estro (Fordham y col., 1987).

Otro estudio comprobó que solo el 29% mostro un aumento de menos de 0,3ºC y solo un 6% tuvo un aumento mayor de 0,3ºC en la temperatura de la leche en el momento del estro, con un promedio de detección de 35%; mientras que en otro rodeo un 20% mostró un aumento menor a 0,3ºC y un 22% mostro un aumento superior a 0,3ºC resultando un promedio de 42% de detección de celos.

Ambos resultados evidencian que existen grandes variaciones entre los diferentes animales al medir la temperatura de la leche como forma de predecir el celo Schlunsen y col., (1981) citado por Fordham y col., (1987), el cual concluye que teniendo en cuenta todos los factores que intervienen en cada una de las medidas hacen que el método no sea del todo confiable.

7.4.4 Medición de progesterona

Un parámetro que ocurre en todos los ciclos estrales y en todas las hembras bovinas sanas y marca el comienzo de la fase folicular del ciclo estral y la posterior ovulación es la caída en la concentración de la P4 debido al regreso del CL para el posterior desarrollo y ovulación de un folículo para convertirse en otro CL del ciclo siguiente (Cunningham, 1999; Ungerfeld 2002).

La concentración de P4 en leche declina a valores ≤ 15 ng/ml a las 97,7 ± 17,8 horas (rango: 54-126 horas) antes de la ovulación, a ≤ 5 ng/ml a las 79,7 ± 11,2 horas (rango: 54-98 horas) y a las 70,7 ± 16,8 horas (rango: 38-90 horas) previo a la ovulación la concentración declina por debajo de 2 ng/ml (Roelofs, 2005).

Estos datos concluyen que el solo monitoreo de la P4 en leche no es suficiente para predecir la ovulación debido a la gran variación en el tiempo entre el detrimento en las concentraciones de P4 relativo a la ovulación entre los diferentes animales (Roelofs, 2005).

En cuanto que en plasma la concentración de P4 es ≤ 4 ng/ml a las 90,5 ± 19,6 horas con respecto a la ovulación y a las 75,0 ± 12,2 horas previas a la ovulación la concentración de la P4 disminuye a ≤ 2 ng/ml de plasma. Pero si la P4 puede ser monitoreada en forma continua seria una herramienta de gran ayuda para predecir el momento de la ovulación y el momento optimo para la IA (Roelofs, 2005).

La medición de P4 en leche se ha usado más que nada como forma de corroboración en los diferentes trabajos en los cuales se ha querido comprobar que ha ocurrido una ovulación y que el animal esta ciclando en forma continua.
Se utiliza la leche como medio para medir la concentración de P4 por la facilidad en la obtención y por la mayor concentración de hormona presente por ml de leche, que es mayor que la concentración presente en sangre (Gartland y col., 1975; Schiavo y col., 1974).

Seguido a la ovulación las células de la pared del folículo se desdoblan y se pliegan hacia el interior de la cavidad junto a un sistema vascular que debe respaldar el crecimiento y diferenciación de las células de la teca y principalmente las de la granulosa para formar el CL. Su principal función es la secreción de P4. Las funciones de la P4 son la de preparar al útero en el caso de que ocurra una eventual preñez, dándole quiescencia al mismo, aumentando la producción de sus glándulas como también evitar la manifestación de celo (Cunningham, 1999; Ungerfeld, 2002; Perry, 2004).

A medida que el CL crece en tamaño también crece la producción de P4, si no sucede la preñez el CL comienza a regresar alrededor del día 17 del ciclo para permitir la manifestación de celo cerca del día 21 (Perry, 2004).

Los cambios en las concentraciones de las hormonas en sangre permiten el monitoreo del ciclo estral, pero resulta ser en la rutina diaria del ordeño una tarea tediosa tanto para los animales como para el personal. Afortunadamente la leche revela también los patrones cíclicos de las hormonas, es mucho mas simple y nada estresante para los animales.

La presencia de la P4 en leche es en realidad mayor que la P4 encontrada en sangre, con resultados de 10 ng/ml de leche. Las primeras muestras revelan menor cantidad de hormonas en la leche, sin embargo las muestras tomadas al final son las que tienen mayor concentración de hormona por un efecto de concentración y atracción hacia las grasas, las cuales aumentan a medida que disminuye el volumen de leche (Foote, 1974).

La mayor cantidad de P4 en leche también lo evidenciaron otros trabajos ya que la glándula mamaria es capaz de extraer la P4 de la sangre arterial como también la posibilidad de sintetizarla ella misma Stolin (1970), citado por Schiavo y col. (1974).

Los test para detección de la P4 en leche son rápidos, baratos y simples de usar, los cuales se pueden realizar en la misma granja lo que posibilita el mayor uso de esta técnica.

Dos o tres muestras tomadas por semana son de ayuda para conocer si el animal esta ciclando y la proximidad del día de la ovulación. Las muestras diarias revelarían la caída en los niveles de la hormona y la vaca deberá ser IA al tercer día de niveles mínimos de

P4. En el caso de IA a tiempo fijo (IATF) las muestras diarias se toman a partir del día 17 con respecto al celo anterior (Ball, 1987).

Los valores de P4 aumentan rápidamente luego del celo a los 6-7 días del comienzo del mismo, para establecer una meseta al día 10 a 11 del ciclo con valores de P4 de 8,1 a 10,0 ng/ml de leche, este último valor se mantiene durante la fase luteal para declinar en forma rápida dos días antes del comienzo del próximo celo (Gartland y col., 1975).

Comparando, como se menciono anteriormente, la resistencia eléctrica vaginal (REV) y la medición de la P4 en leche mediante RIA (radio inmuno análisis), se vio que los valores de ambas son mínimos en día del celo, pero la concentración de P4 aumentó más lentamente que la REV, debido a que el CL en desarrollo secreta muy poca P4 hasta alrededor del día 5 del celo (Heckman y col., 1978).

Los valores de P4 en leche el día del celo fueron de 1,6 ± 0,46 ng/ml de leche Heckman y col (1978) y de 1,8 ng/ml Gartland y col (1975).

Existe una correlación entre los valores promedios de REV y de P4 en leche, los cuales según los trabajos son de 0,92-0,99 para mediciones realizadas cuatro días previos al celo y para el día del mismo Heckman y col., (1978).
Gartland y col., (1975) halló una correlación entre la P4 en leche y los valores de REV del mucus vaginal de solamente 0,22.

Los valores de P4 en leche de animales al día de la IA que no concibieron fueron de 12,5 ± 4,7 ng/ml de leche, en el caso de aquellos animales que si concibieron el valor de la P4 en leche fue de 1,2 ± 0,2 ng/ml de leche. Los animales que fueron IA con altos valores de P4 fueron detectados en celo por una persona encargada, lo que evidencia una mala detección como también la posibilidad de IA animales con altos niveles de P4 en sangre, con muy pocas o nulas posibilidades de concepción (Heckman y col., 1978).

El uso de kits para el análisis de P4 en leche a nivel de los tambos, deberían de ser rápidos y confiables, como vía de minimizar el número de casos de IA de animales que no están en celo, debido al alto numero de falsos positivos y así identificar los errores en la detección de los animales en celo.

Un uso importante del análisis de P4 en leche puede servir como una segunda prueba para chequear la exactitud de un dispositivo en particular, por ejemplo los podómetros cuando registran un aumento de la actividad física podría confirmarse si el animal está realmente en celo (Moore y col., 1991).

7.4.5 Detección de olores relacionados al celo

Los diferentes olores que son inducidos por los cambios hormonales referentes al estro han sido también estudiados para poder predecir el momento del celo y momento óptimo para la IA. Las gandulas son en su mayoría sebáceas ubicadas alrededor de la

vulva y zona perineal, principalmente (Blasquez y col. 1988; citado por Lane y Wathes, 1998).

Estudios cuantitativos de morfología muestran mayores volúmenes de las glándulas sebáceas en la zona perineal en animales adultos que en animales jóvenes. Blasquez y col. (1988) citado por Lane y Wathes, (1998) confirmó que las altas concentraciones de 17β- estradiol aumenta en forma significativa el volumen de dichas glándulas a nivel de la zona perineal.

Los autores usaron un dispositivo electrónico con 12 sensores capaz de detectar cambios en los olores y producir un cambio en la resistencia eléctrica según la concentración de los mismos. De los 12 sensores 7 de los mismos detectaron cambios significativos en la resistencia eléctrica que fueron relacionados a los diferentes días del ciclo estral de las vacas, principalmente relacionados al celo (Lane y Wathes, 1998).

Gracias a la ayuda de la ultrasonografía y muestras de P4 en leche, se pudo tomar muestras durante la fase luteal, tomando estos valores como basales. Los valores de resistencia eléctrica cambiaron durante el estro en 7 de los 12 sensores, lo que se interpretó como cambios en el olor perineal.

Las muestras se tomaron con hisopos, previa limpieza de la zona perineal para minimizar el efecto de los olores de la materia fecal y se dejo secar al aire libre. Luego de sacar la muestra se presenta a la "nariz electrónica" en forma inmediata.

Los sensores del dispositivo utilizado para la detección de los olores son muy sensibles a la humedad es por ello que se eligió la zona perineal por la poca cantidad de humedad que presenta. Es un método no invasivo y no presentaría ningún problema al encargado de dicha tarea en la toma de las muestras (Lane y Wathes, 1998).

Si bien los toros a la hora de la detección de las vacas en celo, se pudo comprobar que antes que el olfato usan la observación visual de las manifestaciones homosexuales entre las vacas del rodeo para detectar el celo.

Se pudo comprobar dejando un toro en un corral sin contacto físico pero si visual (cerca de por medio), poniendo en un extremo del corral vacas en celo con contacto físico entre ellas y actividad de monta y en el otro extremo dos vacas en celo separadas entre si (sin contacto físico entre ellas) pero en estro al mismo tiempo, se vio que los toros que contaban con experiencia previa de servicio a campo, permanecieron mas tiempo al lado de las vacas en celo con comportamiento de monta entre ellas que cerca de las vacas en celo pero sin contacto físico entre ellas (Geary y Reeves, 1992).

Por ende se puede conjeturar que lo primero que le hace prestar atención al toro es el comportamiento del grupo sexualmente activo más que los olores captados por el olfato y por ultimo el reflejo de pasividad a la monta confirmarían el estado de celo (Geary y Reeves, 1992).

Estudios de Geary y col. (1991) menciona que toros privados del contacto físico no tuvieron predilección por hembras en estado de celo o aquellas en etapa luteal, pasaron igual periodo de tiempo con ambas hembras.

Sin embargo Albone y col. (1986) y Blázquez y col. (1988), citados por Geary y Reeves, (1992) reportaron que el olfato es lo realmente importante y que cuatro días antes del celo los toros eran atraídos por las vacas y vaquillonas gracias al sentido del olfato.

Si bien faltan más estudios sobre este sistema tanto sea para la mejora de la detección de los olores desarrollando nuevos modelos y más sensibles a los cambios de los olores que se manifiestan en el celo y también poder aplicarlo a la rutina diaria de los rodeos (Geary y Reeves, 1992).

También se ha probado con perros entrenados para detectar mediante su olfato, animales próximos al celo o durante éste (Kiddy y Mitchell, 1980; Hawk y col., 1983; Kiddy y col., 1983).

Los perros fueron entrenados para detectar el celo de vacas en muestras de leche mediante su olfato. Los resultados obtenidos fueron de 76% de efectividad en muestras de animales durante el celo. Solamente promediaron un 6% de respuestas erróneas al detectar animales en la fase luteal del ciclo.

.

Presumiblemente la variación en los olores sea debido a que los compuestos volátiles presentes en la leche dependan de las diferentes hormonas relacionadas al ciclo estral. Los cambios en los olores días previos al celo y durante el mismo serían consecuencia de la disminución de la P4 por la regresión de CL y el progresivo aumento en la secreción de los estrógenos (Hawk y col., 1983).

También mostraron ser eficientes distinguiendo entre animales durante el proestro de aquellos que se encontraban en la fase luteal, como también fueron igual de eficientes en identificar las muestras de leche de animales en celo que habían sido refrigeradas hasta cuatro veces. La habilidad de los perros aumentó con el paso de las pruebas, ya que hubo 54% de respuestas incorrectas durante los primeros cuatro de los catorce ensayos diarios (Hawk y col., 1983).

Por otro lado tomando muestras en diferentes días del ciclo a cuatro animales, estando los perros entrenados para detectar solamente a aquellos animales en el pre-estro, lograron una eficacia de 64%, luego adiestraron a los perros para no detectar a los animales en el pre-estro y solo lograron un 21% de las muestras obtenidas entre 1 y 3 días previos al celo. Se puede concluir que los perros son capaces de distinguir a los animales en celo de aquellos que no lo están solamente con el uso del olfato de la leche de dichos animales (Kiddy y col., 1984).

También se probó si con perros entrenados en detectar los cambios en los diferentes olores del tracto reproductivo de las hembras bovinas se podía tener un control de inicio, del celo propiamente dicho y duración del mismo y la desaparición del mismo.

Se comprobó que los olores del celo propiamente dicho comienzan a manifestarse en forma lenta a los tres días previos al celo, alcanzan un máximo en el día del celo par decrecer al día siguiente. Los perros fueron entrenados de forma tal que solo identificasen a los animales en el día del celo y no en los demás días del ciclo estral, lo que les dio mayor poder de discriminación entre los olores en los diferentes días (Kiddy y Mitchell, 1980).

Se observó que con el correr del entrenamiento los perros fueron más eficaces en despreciar aquellos animales que se encontraban en días cercanos al celo y ser más efectivos a la hora de detectar a los animales que sí estaban en el día del celo. Los perros son capaces de discriminar entre muestras de fluidos del tracto reproductivo de animales tomadas en el día del celo de aquellas muestras tomadas un día antes y un día después al mismo (Kiddy y Mitchell, 1980).

Otro trabajo trató de comparar los olores en diferentes componentes del cuerpo, las muestras se tomaron del vestíbulo y vagina, mucus de vagina anterior, orina recolectada luego de la micción, orina recolectada con catéter, leche y plasma sanguíneo.

Los perros entrenados detectaron en forma eficiente a todas las muestras, pero se vio una menor eficiencia a las muestras tomadas del mucus de la vagina anterior con valores de detección de 86%, el otro menor valor fue para las muestras de plasma sanguíneo con valores de 94%, para el resto de las muestras observadas los valores rondaron el 97%, con el mayor valor de detección para las muestras de leche con un valor de 99%.
Estos resultados evidencian como concluye el autor la dispersión de los componentes relacionados al celo por los diferentes fluidos corporales de los animales (Kiddy y col., 1983).

7.4.6 Disminución en la producción de leche e ingesta de alimentos

Durante el periodo de celo se ha podido comprobar una disminución en la producción de leche. Según Walton y King (1986) encontraron un detrimento en la producción de leche que en algunos casos llego hasta un 35% durante los ordeños de la mañana. A su vez encontraron que durante los ordeños de la tarde la producción de leche se vio aumentada en el mismo periodo, por lo cual la producción total de leche no se vio alterada.

Solamente un 15% de los animales registraron un detrimento en la ingesta de alimentos el día del celo, comparado a días anteriores y posteriores al mismo, pero tal detrimento fue observado en algunos animales durante el diestro (Walton y King 1986).

Se han hallado grandes fluctuaciones en la producción diaria de leche como indicativo del comienzo del celo. Algunos animales manifestaron una supresión de la producción el día mismo del comienzo del celo con un aumento compensatorio al próximo ordeñe.

Si el animal produce un 75% menos que su promedio diario existe un 50% de posibilidad de que se encuentre en celo. En 6 de 7 animales inducidos al celo, pero que no manifestaron un comportamiento como para ser identificados, evidenciaron fluctuaciones de magnitudes considerables en su producción en los días que el celo era esperado (Horrell y col., 1984).

Las vacas en las proximidades del celo emplean menos tiempo consumiendo alimentos, lo que podría ser una causa de la disminución en la producción de leche. Sin embargo la misma puede suceder durante cualquier etapa de la lactancia debido a diferentes causas, por lo cual no se debería tomar como un signo inequívoco de celo (Diskin, 2000).

7.5 METODOS BASADOS EN EL CONTROL DEL CICLO ESTRAL

El ciclo estral de los bovinos es un acontecimiento de características continuas, el cual se repite cada 21 días en promedio, el cual puede variar en mas o en menos días (Ungerfeld, 2002; Perry, 2004).

El fin del control del ciclo estral es el poder programar la ovulación de las hembras con el fin de facilitar o evitar la detección de los celos como en el caso del uso de la inseminación a tiempo fijo (Cavalieri y col., 2006).

Los diferentes esquemas de sincronización han sido desarrollados para resolver la escasa manifestación de celos principalmente en meses de estrés calórico y en rodeos con mala detección de celo (Asprón, 2004).

Las hormonas relacionadas al ciclo estral provienen en forma primaria desde el hipotálamo con la liberación de la hormona liberadora de gonadotrofinas (GnRH) con acción sobre la hipófisis controlando la liberación de la hormona folículo estimulante (FSH) y de la hormona luteinizante (LH) desde la región de la adenohipofisis (Cunningham, 1999; Ungerfeld 2002).

El rol fundamental de ambas hormonas es la estimulación de las gónadas, las cuales responden con cambios en sus funciones y secreciones. Por un lado los ovarios responden a la regulación de la LH y FSH, a nivel del folículo en crecimiento las células tecales secretan andrógenos y algo de estrógenos regulados por la LH, mientras que la aromatización de los andrógenos, en su mayoría provenientes de las células de la teca son convertidos a estrógenos en las células de la granulosa del mismo folículo en crecimiento, acción regulada por la FSH.

Las células de la granulosa adquieren receptores de LH así durante el pico pre-ovulatorio éstas células adquieren capacidad de síntesis de P4. La principal función de los estrógenos es estimular la receptividad sexual entre otros.

La P4 es la principal hormona relacionada a la preñez y la principal secreción del CL, prepara al útero para una eventual preñez (Cunningham, 1999; Ungerfeld, 2002).

Las PG son secretadas por el miometrio uterino, la PGF2α es la más importante en íntima relación con la vida del CL, produciendo la luteólisis o sea la regresión del CL (Ungerfeld, 2002; Perry, 2004).

Todas estas hormonas regulan el ciclo estral y deben de actuar en forma sincronizada para poder producir un óvulo viable y mantener una eventual preñez o de lo contrario volver a ciclar nuevamente.

La ovulación es el resultado de eventos en cadena desde el aumento en la liberación de FSH y LH, para reclutar el folículo dominante de la onda. El mismo aumenta la secreción de estrógenos que a su vez estimulan a las hormonas FSH y LH, hasta el aumento sostenido de la LH. El pico de LH ocurre aproximadamente 24 horas previas a la ovulación dando como resultado la liberación del oocito. Previo a la nueva ovulación tuvo que ocurrir la luteólisis del cuerpo lúteo de ciclo anterior (Cunningham, 1999).

Existe un patrón de ondas foliculares durante toda la duración del ciclo estral en los bovinos, que pueden ser de dos o tres ondas. Incluso se pueden apreciar en la pubertad, preñez (menos los últimos 30 días) y también en el anestro post parto (Perry 2004; Peter y col., 2008).

En el inicio de cada onda se reclutan varios folículos primarios pero solo uno es el que crecerá inhibiendo el desarrollo de los demás mediante la secreción de la hormona Inhibina, producida por la granulosa de dicho folículo e inhibe la secreción de FSH, pero el folículo en crecimiento sigue su desarrollo gracias a la cantidad de receptores para FSH como forma de compensar las bajas concentraciones de dicha hormona (Ungerfeld, 2002; Peter y col., 2008).

En el caso de ausencia de P4 el folículo dominante será el que llegue a la ovulación, en el caso de que la onda se desarrolle en presencia de P4 el folículo dominante se atresia, muere y se da comienzo a una nueva onda (Peter y col., 2008).

Cada ciclo puede tener entre dos o tres ondas foliculares. El poder entender el ciclo estral de los bovinos ayuda de gran forma a poder controlar y manejar dicho ciclo de acuerdo a nuestras necesidades (Perry, 2004; Peter y col., 2008).

Existen tres enfoques básicos para sincronizar celos: la regresión sincrónica del CL mediante el uso de PGF2α, sincronización de la onda folicular usando luego PGF2α cuando existe un folículo dominante y la administración de P4/progestágenos para regular el tiempo de ovulación (Roche y Diskin, 2005).

El uso de diferentes tipos de hormonas exógenas alteran los ciclos normales como también los tiempos de los ciclos reproductivos sexuales de los bovinos.

Como consecuencia, se inseminan o sirven muchos animales al mismo tiempo para acumular los futuros partos, con el fin de coincidir con una mayor oferta del forraje o un sobreprecio en el pago de la leche por ejemplo durante los meses de invierno, tareas realizadas en la mayoría de las explotaciones de nuestro país con alguno de esos fines o simplemente por diferencias de manejo.

7.5.1 Prostaglandinas

El uso de PG se basa en la regresión del CL y la rápida declinación de la producción de P_4. Es el método más utilizado por su efectividad en provocar la luteólisis y por sus bajos costos. La efectividad del método radica en la presencia del CL, el cual es sensible a la PG a partir del cuarto o quinto día luego de la ovulación. En los animales domésticos la PG más importante seria la F2α (Witt, 2001; Asprón 2004; Sintex 2005; Cavalieri y col., 2006).

Las respuestas del CL a la acción de la PGF2α varia de acuerdo a la etapa del ciclo estral. La mayor respuesta ocurre hacia el final del ciclo (95,7%) entre los días 14 y 17 del ciclo. Una respuesta intermedia (86,4%) entre los días 10 y 13 y una respuesta menor (76,9%) entre los días 5 y 9 del ciclo estral (Cavalieri y col., 2006).

La sincronización estral con PGF2α requiere de la aplicación de dos dosis de PGF2α con un intervalo entre ambas de 11-14 días y la IA se realiza a celo visto o IATF a las 72 hasta 96 horas post inyección de PGF2α. Este método utiliza dos dosis de PGF2α por animal tratado y es ideal para vacas secas y vaquillonas mayores de 18 meses de edad (Witt, 2001; Asprón 2004).

Una variante es la inyección de todos los animales, inseminando aquellos que presenten celo. Los que no han manifestado celo reciben una segunda inyección de PGF2α en 11-14 días de la primera, con observación de celo e IA, reduciendo el número de dosis usadas a 1,5 por animal (Witt, 2001; Asprón 2004).

Otra alternativa es la detección de celos por seis días e IA, aplicando una dosis de PGF2α a aquellos animales que no han presentado celo en ese periodo, reduciendo la cantidad de dosis a 0,7 por animal (Asprón, 2004). De acuerdo a Witt (2001) si la detección de celos supera el 3,5% diario se aplica PGF2α a todo animal no IA hasta el momento e IA a celo visto.

Existe un protocolo con la administración de tres dosis de PGF2α, separadas cada una de ellas por 14 días, el mismo consiste en detección de celos e IA durante todo el periodo del tratamiento e IATF a las 72 horas de la tercera dosis de PGF2α (Cavalieri y col., 2006).

El intervalo desde la dosis administrada de PGF2α y el celo depende de la etapa del desarrollo folicular donde se administra, ya que animales con folículos maduros al momento de la luteolisis presentan celo mas rápido que aquellas con folículos inmaduros (Roche y Diskin, 2005; Cavalieri y col., 2006).

En el caso de las vaquillonas principalmente se recomienda la palpación de los ovarios para detectar si existe ciclicidad o la presencia de CL para que la PGF2α tenga efecto sobre el mismo (Witt, 2001).

7.5.2 Progestágenos

El uso de la P4 o sus análogos se basa en la acción inhibitoria sobre la manifestación del celo. Los mismos pueden ser administrados mediante un dispositivo intravaginal (DIB: Dispositivo Intravaginal Bovino) y aplicación subcutánea principalmente. Los niveles de P4 en sangre deben de ser similares o superiores a los producidos por el CL del ciclo (Asprón 2004; Cavalieri y col., 2006).

El uso de la P4 mediante implantes es de los mas comúnmente usados, solos o con la administración conjunta de otras drogas pudiendo realizar IATF, evitando el trabajo de la detección de celos o los costos en los dispositivos de ayuda (Asprón, 2004).

Los progestágenos son usados y recomendados para animales que se encuentran en anestro y en animales ciclando funciona en cualquier etapa del ciclo estral (Asprón, 2004).

Al retirar el dispositivo intravaginal o al decaer los niveles de P4 administrados, se podrían inseminar los animales a tiempo fijo, pero se logran mejores resultados al IA a celo detectado (Asprón, 2004).

Los dispositivos intravaginales presentan un nivel de P4 en sangre de 2,8 ng/ml a los 45 minutos de la inserción, con valores máximos de 4,0 ng/ml a las cuatro horas. Los mismos son mantenidos por 5 días, asegurando así la adecuada concentración de P4 en sangre para luego ser removidos (Nation y col., 2000 citado por Cavestany y col., 2008).

La administración de P4 natural en base oleosa de liberación lenta vía parenteral debe de asegurar un nivel de concentración de la hormona en sangre adecuado por el lapso de 5 días como mínimo. En animales ciclando con < 450 Kg la concentración de P4 en sangre se mantuvo en niveles de 1,1 ng/ml a los 6 días post inyección. Sin embargo en animales de > 500 Kg los niveles de P4 fueron subluteales, de 0,5 ng/ml por el mismo periodo de tiempo.

También se experimentó en animales ovariectomizados con la administración de P4 vía parenteral. Los niveles de P4 aumentaron luego de la inyección hasta un pico de 2,0 ng/ml a las 8 horas, comenzando a declinar hasta valores de menos de 1 ng/ml a las 52 horas (Cavestany y col., 2008).

Uno de tantos protocolos recomendados para animales cíclicos y principalmente acíclicos es la aplicación de un DIB con secreción lenta de P4 por un lapso de 7 días y a su vez la administración de 17 β estradiol. Al retirar el DIB se administra PGF2α. Ese

mismo día o al siguiente se realiza la administración de 17 β estradiol con el propósito de la ovulación y la consiguiente IATF a las 52-56 horas del retiro del DIB. Se recomienda la observación visual de signos de celos entre los días 18 y 24 del comienzo del protocolo en aquellos animales que repiten celo, como también la detección de celos e IA a partir del día 7 del tratamiento (Witt, 200; Cavestany, 2005).

7.5.3 GnRH

El modo por el cual se utiliza la GnRH es la capacidad de producir la ovulación del folículo dominante el cual debe de ser al menos ≥ 10 mm de diámetro ya que en folículos de menor diámetro esto no ocurre o se luteinice y en 2-3 días se inicie el crecimiento de una nueva onda folicular. El CL al cabo de 7 días podrá ser destruido por la administración de PGF2α (Asprón, 2004; Cavalieri y col., 2006).

Protocolos como el *Ovsynch* (Ovulation Synchronization) pueden sincronizar las ondas foliculares en vacas, para poder IATF sin detección de celos. El esquema es una inyección de GnRH (día 0) a los 7 días PGF2α y dos días luego GnRH y realizar IATF a las 8-18 horas después. La segunda GnRH provocará la ovulación del folículo dominante sincronizado. Los índices de gestación promedian el 30-40% (Asprón 2004; Roche y Diskin 2005; Cavalieri y col., 2006).

Las vacas que lleguen a ovular tendrán al cabo de 7 días de la aplicación de GnRH un CL, pero también habrá vacas con ondas foliculares en emergencia o dominancia temprana que no ovularan y por ende no tendrán un CL de 7 días. Es por esto que se aplica la PGF2α para producir la luteólisis tanto los nuevos como en los ya existentes, para realizar una regresión sincrónica, con lo que se puede sincronizar las futuras ovulaciones con la administración de otra dosis de GnRH dos días después de la aplicación de la PGF2α (Roche y Diskin, 2005).

Como forma de simplificar el método anterior se desarrollo el protocolo *Cosynch* (Coordinated Synchronization) con la administración de GnRH (día 0)
siete días luego PGF2α y dos días después GnRH y IATF el mismo día. Es posible obtener un 40-45% de gestaciones. Ambos métodos mejoran sus porcentajes de gestación con IA a celo detectado (Asprón 2004; Cavalieri y col., 2006).

El *Heatsynch* se similar al Ovsynch salvo que la segunda inyección de GnRH es reemplazada en el día ocho del protocolo por Cipionato de Estradiol (ECP) o Benzoato de Estradiol (BE). Los animales son inseminados a celo visto entre el día 7 y 9 del tratamiento e IATF al día 10, ya que el efecto del estradiol es mas lento que el producido por la GnRH, por eso se administra un día antes o sea el día 8 del protocolo (Asprón, 2004; Cavalieri y col., 2006).

El método *Selectsynch* (Selective Synchronization) consiste en una aplicación de GnRH (día 0) y luego de siete días aplicar PGF2α con detección de celos e IA (Cavalieri y col., 2006).

Existe también la variante de la observación visual de los signos del celo desde 24-48 horas previo a la administración de la PGF2α y se continúa por 5-7 días. Si existe celo entre la administración de GnRH y la de la PGF2α se suspende el tratamiento y se insemina a celo visto. En algunos casos es necesario la administración de GnRH al momento de la IA en aquellos animales que terminado el tratamiento no manifestaron celo (Asprón, 2004; Cavalieri y col., 2006).

Todos los protocolos mencionados pueden ser precedidos de un tratamiento llamado *Presynch*, con el objetivo de aumentar la performance reproductiva, que en algunos casos pude alcanzar un 10% más. Consiste en la administración de 2 dosis de PGF2α separadas por 14 días y la administración de la primera GnRH del protocolo a realizar luego de 12-14 días de la segunda PGF2α. Logrando así que la mayoría de los animales se encuentren entre los días 5 y 12 del ciclo cuando reciben la primera GnRH (Asprón, 2004; Cavalieri y col., 2006).

Las gonadotrofinas coriónica equina (PMSG o eCG) y la humana (hCG) son utilizadas en medicina veterinaria por su acción sobre la liberación de ciertas hormonas. La PMSG tiene acción de LH y de FSH, promoviendo la foliculogénesis y la ovulación. Mientras que la hCG sólo posee acción de LH produciendo la ovulación, formación del CL y la producción de P4. Ambas son utilizadas para la sincronización de ondas foliculares o de ovulaciones (Syntex, 2005).

7.5.4 Estrógenos

El uso de los estrógenos exógenos tiene como finalidad desencadenar la luteólisis al aplicarlo en la mitad del ciclo estral o impedir el crecimiento de un nuevo CL al aplicarlo luego de la ovulación (Sintex, 2005).

Luego de las dos dosis de PGF2α separadas 11-14 días entre ellas se administró BE a las 48 horas de la segunda PGF2α mejorando la sincronización de celos, evidenciado en una mejor detección de los mismos (Cavalieri y col., 2006).

En animales con CL presente se administra la primera dosis de PGF2α y a las 12 horas BE más gonadotrofina coriónica humana (hCG) e IATF a las 36 horas de la administración conjunta de BE más hCG (Cavalieri y col., 2006).

Se ha propuesto la sustitución de la segunda dosis de GnRH por Cipionato de Estradiol (CE) en el protocolo clásico del *Ovsynch*, logrando mayores detecciones de celo (87 vs. 54%) pero menor número de ovulaciones (86 vs. 100%) comparado al *Ovsynch* clásico (Stevenson, 2004).

El uso del BE asociado a progestágenos es usado para la sincronización de celos e IATF. Se administran juntos (día 0) provocando una nueva onda folicular y se aplica BE 24 horas luego de retirado el DIB produciendo luteólisis, desarrollo de una nueva onda folicular con la posterior ovulación a las 70 horas de retirado el DIB (Syntex, 2005).

Los progestágenos junto a los estrógenos son usados con éxito en animales en anestro. Algunos protocolos utilizan los DIB por 6 días y la administración de BE 24 horas luego del retiro del mismo para la inducción del celo. Una variante es la aplicación de BE el mismo día de la inserción del DIB y 24 horas después de retirado el mismo. Ambos tratamientos son útiles al ser usados en animales en anestro (Witt, 2001; Syntex, 2005).

7.5.5 Calendarios de control de celo

Existen calendarios o planillas para el control de los ciclos estrales (Figura 26). Los mismos se elaboran sobre la base de 21 días (duración promedio del ciclo estral). Se utilizan como forma de predecir el próximo celo y aumentar las chances de observación de dicho evento. Se deberá tener el recaudo ya que pueden existir variaciones y presentarse celos durante los días 19 a 23 del ciclo estral (Ball, 1987; Delzer, 2003; Guastavino, 2007).

Las planillas pueden ser de la siguiente manera, se colocan 21filas con varias columnas, en los casilleros que se forman se colocan los días en forma descendente. En la primera columna va desde el día 1 hasta el 21 y las siguientes columnas desde el 22 al 42 y así sucesivamente con las siguientes columnas.

Cada vez que observamos a un animal manifestar el signo de celo se debe de anotar en el casillero el día que corresponda. Si anotamos dos animales el día 8, por ejemplo, miramos la columna contigua hacia la derecha y nos fijamos que en caso de repetir el celo, el mismo se presentará aproximadamente el día 29 (o sea 21+8=29). Con lo cual con este método podemos prever en el caso de repetir el celo, los días en que aproximadamente se manifestara el signo del celo (Marcantonio, 1998, Dick, 2003).

Una opción es la de comenzar a ver los signos de celo unos 30 días previos al comienzo del periodo de servicios, para ello con la ayuda de las planillas ya sabremos días mas o días menos que animales manifestarán celo cuando se comience con la actividad de IA.

Se deben de registrar tanto los signos primarios como los secundarios del celo, éstos últimos son de importancia porque al no ver el signo de pasividad a la monta, esperaremos según la planilla al próximo celo para poder verlo e IA al animal. También nos es útil para aquellos animales que luego del parto y del periodo de espera voluntario no manifiestan ningún tipo de signo de celo, para ser pasados a revisación por un veterinario (Wilson y Gilson, 2005).

Día	RP Vacas	Día	RP Vacas	Día	RP Vacas
1/5	2-54	22/5	3-2	12/6	7
2/5	3	23/5	54	13/6	54-2
3/5	21	24/5	21	14/6	
4/5	22	25/5		15/6	
5/5		26/5		16/6	4
6/5	4-9	27/5	4	17/6	
7/5	18	28/5	1	18/6	
8/5	27-5-21	29/5	5	19/6	5
9/5	23	30/5	31	20/6	
10/5		31/5	23	21/6	
11/5	31	1/6		22/6	23
12/5		2/6		23/6	45
13/5	24-46	3/6	46	24/6	
14/5		4/6	45	25/6	31
15/5	45	5/6	101	26/6	
16/5	42-101	6/6		27/6	
17/5		7/6		28/6	11
18/5	40-37-8	8/6	37-8	29/6	
19/5	11-6	9/6	11	30/6	37
20/5		10/6		1/7	
21/5	7	11/6	14	2/7	

Figura 26. Planilla de predicción de celo (Dick, 2003).

8. CONCLUSIONES

Todos los métodos de detección de celos son sin lugar a dudas una indispensable ayuda para poder inseminar a la vaca en el momento óptimo, es por esto la necesidad primaria del conocimiento de todos los comportamientos que puede llegar a manifestar el animal para maximizar la detección propiamente dicha.

Teniendo presente el significado que tiene la correcta identificación del animal en celo y la problemática que esto conlleva ya sea por desconocimiento, falta de tiempo o la pobre expresión del celo son sin dudas una limitante crítica para la economía de los sectores implicados, traduciéndose en forma poco notable quizás, en menos ingresos.

Si bien no existe un método que sea perfecto o ideal para desarrollar la tarea de identificar al animal durante el periodo de celo, si existen métodos que ayudan o complementan la tarea de la identificación.

Todos los métodos tienen sus ventajas y sus desventajas, pero se debería de ajustar a la operativa del sistema donde se pretenda implementar dicho método.

Se debería de evaluar los costos implícitos en la adquisición de cada método en particular, para optar por el más conveniente para el sistema donde se pretende implementar redundando en ganancias más que en pérdidas.

Es por ello que las personas destinadas al uso de los diferentes métodos o para aquellos que requieran de lecturas para su interpretación, deben de estar lo suficientemente entrenados y familiarizados para que las eficiencias de los métodos utilizados sean las esperadas, como por ejemplo las lecturas de las pinturas en la base de la cola las cuales las debería de realizar siempre la misma persona, para evitar malas interpretaciones ya que son métodos bastante subjetivos.

Los valores referidos a la performance reproductiva han mostrado un marcado detrimento a nivel mundial de 0,5-1,0% por año, en los índices de preñez principalmente. Desafortunadamente existe una relación genética inversa entre la productividad y la fertilidad.

Al seleccionar siempre por producción y/o calidad de leche se generó un efecto negativo a favor de la fertilidad, manifestado principalmente por la corta o nula sintomatología de celo en animales de alta producción.

La actividad de celo hoy en día ya sea en nuestros sistemas de producción como a nivel mundial presenta rangos de duración bastante variados entre rodeos y entre animales. Si bien existen animales con celos lo suficientemente amplios para ser detectados por observación visual solamente, de igual modo la tendencia es que la actividad de celo se ve notoriamente disminuida, por lo cual se ha requerido de numerosos e inventivos métodos de ayuda para la detección de los mismos.

La bibliografía al respecto es muy variada, con valores de duración de celos muy diferentes entre los trabajos pero con algo en común según la mayoría de los autores, que es la tendencia a la disminución en la duración del periodo de celo como también la menor expresividad del mismo.

Un método ideal de detección de celos debería de ser operativo 24 horas continuas, poseer la apropiada sensibilidad para detectar exactamente y automáticamente el evento del celo, ser operativo en toda la vida productiva del animal, con mínimos o nulos requerimientos de mantenimiento y principalmente una alta exactitud (95%) al identificar los eventos fisiológicos o comportamentales correlacionados con la ovulación.

La detección de celos debe asumirse como otra tarea más dentro de las que existen en la actividad diaria de cualquier establecimiento, con personal entrenado para realizarla ya que los costos por dejar pasar un celo son relativamente altos pero nunca se tienen en cuenta ya que siempre se procura que la vaca este produciendo que es lo que primero se ve en el retorno de las inversiones.

La detección mediante la observación visual de los signos de celo sigue siendo en nuestras condiciones un método eficaz y sobre todo rentable.

9. BIBLIOGRAFIA

1. **ABS México, Artículos Técnicos**. Los problemas de locomoción afectan el desempeño reproductivo. Disponible en www.produccionbovina.com.ar. Fecha de consulta: 17/09/2008.
2. **Alexander TJ, Senger PL, Rosenberger JL, Hagen DR**. (1984) The influence of the stage of the estrous cycle and novels cows upon mounting activity of dairy cattle. J Anim Sci; 59:1430-1439. Disponible en: jas.fass.org. Fecha de consulta: 06/11/2008.
3. **Amyot E, Hurnik JF**. (1987) Diurnal patterns of oestrus behavior of dairy cows housed in a free stall. Can J Anim Sci; 67:605-614.
4. **Asprón MA**. (2004) Curso de Actualización - Manejo Reproductivo del Ganado Bovino. *International Veterinary Information Service*. Disponible en: http://www.ivis.org/continuing_education/short_courses/reproduction_bovine/aspron_es/ivis.pdf. Fecha de consulta: 14/10/2008.
5. **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.
6. **Baker AA.** (1965) Comparison of heat mount detectors and classical methods for detecting heat in beef cattle. Aust Vet J; 41:360-361.
7. **Ball P.** (1987) Oestrus detection in dairy cattle. In Pract; 9:223-228.
8. **Barr HL.** (1974) Influence of estrus detection on days open in dairy herds. J Dairy Sci; 58:246-248.
9. **Becaluba F, Becaluba HM.** (2006) Nuevas tecnologías para el manejo de la detección de celo. Disponible en www.produccionbovina.com.ar. Fecha de consulta: 07/05/2008.
10. **Britt JH, Scott RG, Armstrong JD, Whitacre MD.** (1986) Determinants of estrous behavior in lactating Holstein cows. J Dairy Sci; 69:2195-2202.
11. **Carter PD, Dufty JH.** (1980) Assessment of vaginal impedance measurement as an indicator of oestrus in cattle. Aust Vet J; 56:321-323.
12. **Catalano R, Callejas S.** (2001) Detección de celos en bovinos. Factores que la afectan y métodos de ayuda. Rev Med Vet (Buenos Aires); 82:17-21.
13. **Cavalieri J, Hepworth G, Fitzpatrick LA, Shephard RW, Macmillan KL.** (2006) Manipulation and control of the estrous cycle in pasture-based dairy cows. Theriogenology; 65:45-64.
14. **Cavestany D, Fernández D, Salazar E, Sánchez A, Leyton L, Crespi D.** (2008) Determinación de niveles de progesterona en sangre luego de la administración parenteral de progesterona en vacas Holando ovariectomizadas o ciclando. XXXVI Jornadas Uruguayas de Buiatría, Paysandú, Uruguay. pp. 218-219.
15. **Cavestany D, Blanc E, Ferraris A, Fernández M, Pérez M, Sánchez A.** (2007) Determinación de la duración, intensidad y conducta del celo en vacas en ordeñe y vaquillonas Holando sincronizadas con prostaglandinas. XXXV Jornadas Uruguayas de Buiatría, Paysandú, Uruguay. pp. 308-310.

16. **Cavestany D.** (2005) Manejo reproductivo en Vacas de Leche ¿Producir o no Producir? Programa Nacional de Bovinos de Leche, INIA La Estanzuela. Revista INIA Nº 4, Octubre 2005. pp 2-5.
17. **Cavestany D.** (2004) ¿Cuál es el manejo reproductivo para mi tambo? Técnicas para mejorar el porcentaje de preñez. Programa Nacional de Bovinos de Leche, INIA La Estanzuela. El País Agropecuario, abril 2004. pp 25-28.
18. **Cavestany D.** (1998) Estudios sobre factores que afectan la eficiencia reproductiva en vacas de leche en producción y alternativas de manejo para incrementarla. Jornada Lechería y Pasturas. Serie Actividades de Difusión Nº 163. INIA, La Estanzuela. pp. 11-38.
19. **Chinball Marker.** Disponible en: pubs.caes.uga.edu, www.bentleyhungary.hu y colombia.acambiode.com/producto. Fecha consulta: 6/2/2009.
20. **Clapper JA, Ottobre JS, Ottobre AC, Zartman DL.** (1990) Estrual rise in body temperature in the bovine I. Temporal relationships with serum patterns of reproductive hormones. Anim Reprod Sci; 23:89-98.
21. **Clifton Marshall.** Como notar cuando una vaca está en celo a fin de escoger el momento óptimo para inseminarla. Select Sires. Documento Adobe Acrobat. INIA La Estanzuela.
22. **Cunningham JG.** (1999) Fisiología Veterinaria. 2a ed. México, Ed. McGraw-Hill Interamericana, 763 p.
23. **Cutaia L, Chesta P, Picinato D, Peres L, Maraña D, Bó GA.** (2007) Inseminación artificial a tiempo fijo en vacas con cría y vaquillonas: fundamentos fisiológicos y aspectos prácticos. XXXV Jornadas de Buiatría. Paysandú, Uruguay. pp. 16-37.
24. **Cutullic E, Delaby L, Causeur D, Michel G, Disenhaus C.** (2008) Hierarchy of factors affecting behavioral signs used for oestrus detection of Holstein and Normande dairy cows in a seasonal calving system. Anim Reprod Sci; 113:22-37.
25. **DeJarnette JM, Wallace RW, House RB, Salverson RR, Marshall CE.** (2001) Attenuation of premature estrous behavior in postpartum beef cows synchronized to estrus using GnRH and PGF2alpha. Theriogenology; 56:493-501.
26. **Delzer J.** (2003). Disponible en: www.reproduccionanimal.com.mx. Maximizando la fertilidad de sus vacas. Productos de detección de celo para una detección más fácil y efectiva. Horizons. Fecha de consulta: 15/4/2008.
27. **Dick A.** (2003) Curso a distancia: Manejo de la Reproducción en Ganado Lechero. Modulo 3: La detección de celo, herramientas para su mejora. Facultad de Veterinaria-CONAPROLE. Montevideo, Uruguay, 50 p.
28. **Diskin MG, Sreenan JM.** (2000) Expression and detection of oestrus in cattle. Reprod Nutr Dev; 40:481-491.
29. **Dohi H, Yamada A, Tsuda S, Sumikawa T, Entsu S.** (1993) Technical Note: a pressure-sensitive sensor for measuring the characteristics of standing mounts of cattle. J Anim Sci; 71:369-372.
30. **Dransfield MBG, Nebel RL, Pearson RE, Warnick LD.** (1998) Timing of insemination for dairy cows identified in estrus by a radiotelemetric estrus detection system. J Dairy Sci; 81:1874-1882.
31. **Ducrot C, Gröhn YT, Bugnard F, Senlis Y, Sulpice P, Gilbert R.** (1999) A field study on estrus detection in lactating beef cattle. Vet Res; 30:87-98.
32. **Esslemont RJ.** (1992) Measuring dairy herd fertility. Vet Rec; 131:209-212.

33. **Ezov N, Maltz E, Yarom R, Lewis GS, Schindler D, Ron M, Aizinbud E, Lehrer AR.** (1990) Cell density, fluid volume and electrolyte content of bovine vulvar tissue during oestrus and dioestrus. Anim Reprod Sci; 22:281-288.
34. **Farris EJ.** (1954) Activity of dairy cows during estrus. J.A.V.M.A.; 125:117-120.
35. **FASCO AP.** Etiquetas detectoras de monta. Disponible en www.fascoap.com.ar. Fecha de consulta: 09/05/2008.
36. **Feldmann F, Aizinbud E, Schindler H, Broda H.** (1978) The electrical conductivity inside the bovine vaginal wall. Anim Prod; 26:61-65.
37. **Ferraris A.** (2006) Curso extracurricular de Inseminación Artificial en bovinos. Material de apoyo al curso. Facultad de Veterinaria, EEMAC, Paysandú, Uruguay. 30 p.
38. **Foote RH.** (1974) Estrous detection and estrous detection aids. J Dairy Sci; 58: 248-256.
39. **Fordham DP, McArthy TT, Rowlinson P.** (1987) An evaluation of milk temperature measurement for detecting oestrus in dairy cattle. II Variations in body and milk temperature associated with oestrus. Vet Res Comm; 11:381-391.
40. **Galina CS, Orihuela A.** (2007) The detection of estrus in cattle raiser under tropical conditions: What we know and what we need to know. Horm Behav; 52:32-38.
41. **García Bouissou R.** (2000) Uso de la pintura en la base de la cola como ayuda a la detección de celos. Disponible en: www.produccionbovina.com.ar. Fecha de consulta: 07/05/2008.
42. **Garforth C, McKemey K, Rehman T, Tranter R, Cooke R, Park J, Dorward P, Yates C.** (2006) Farmers´attitudes towards techniques for improving oestrus detection in dairy herds in South West England. Livest Sci; 103:158-168.
43. **Garnero OJ, Perusia OR.** (2005) Preparación quirúrgica de toros marcadores: una técnica para cada necesidad. XXXIII Jornadas de Buiatría, Paysandú, Uruguay. pp. 156-158.
44. **Gartland P, Schiavo J, Hall CE, Foote RH, Scott NR.** (1975) Detection of estrus in dairy cows by electrical measurements of vaginal mucus and by milk progesterone. J Dairy Sci; 59:982-985.
45. **Geary TW, Reeves JJ.** (1992) Relative importance of vision and olfaction for detection of estrus by bull. J Anim Sci; 70:2726-2731.
46. **Gómez F, de Boer H, van Eerdenburg FJCM.** (2003) Relationship between mild lameness and expression of oestrus in dairy cattle. Vet Rec; 152:403-404.
47. **Gordon P.** (2004) What`s new in cattle practice? Shepton Vet Group. AMBIC Estrus Alert. Disponible en: www.estrusalert.net/pdf/Estrus-Vettimes-article-10-04.pdf. Fecha de consulta: 17/4/2006.
48. **Guastavino E.** (2007) Herramientas de ayuda a la detección de celos. Disponible en: www.produccionbovina.com.ar. Fecha de consulta: 07/05/2008.
49. **Gwazdauskas FC, Nebel RL, Sprecher DJ, Whittier WD, McGilliard.** (1990) Effectiveness of rump-mounted devices and androgenized females for detection of estrus in dairy cattle. J Dairy Sci; 73:2965-2970.
50. **Hafez ESE, Jainudeen MR.** (2000) Reproducción e inseminación artificial en bovinos. 6a. ed. México, Interamericana. 532 p.

51. **Harrison RO, Ford SP, Young JW, Conley AJ, Freeman AE.** (1990) Increased milk production versus reproductive and energy status of high producing dairy cows. J Dairy Sci; 73:2749-2758.
52. **Hawk HW, Conley HH, Kiddy CA.** (1984) Estrus-related odors in milk detected by trained dogs. J Dairy Sci; 67:392-397.
53. **HeatWatch® Estrus Detection System.** Disponible en: www.heatwatch.com. Fecha de consulta: 26/09/2008.
54. **Heckman GS, Katz LS, Foote RH, Oltenacu EAB, Scott NR, Marshall RA.** (1979) Estrous cycle patterns in cattle monitored by electrical resistance and milk progesterone. J Dairy Sci; 62:64-68.
55. **Heersche G, Nebel RL.** (1994) Measuring efficiency and accuracy of detection estrus. J Dairy Sci; 77:2754-2761.
56. **Horrell RI, Kilgour R, MacMillan KL, Bremner K.** (1984) Evaluation of fluctuations in milk yield and parlor behavior as indicators of oestrus in dairy cows. Vet Rec; 114:36 (abstract).
57. **Hurnik JF, King GJ.** (1987) Estrous behavior in confined beef cows. J Anim Sci; 65:431-438.
58. **Hurnik JF, Webster AB, DeBoer S.** (1985) An investigation of skin temperature differentials in relation to estrus in dairy cattle using a thermal infrared scanning technique. J Anim Sci; 61:1095-1102. Disponible en: jas.fass.org. Fecha de consulta: 01/11/2008.
59. **Hurnik JK, King GJ, Robertson HA.** (1975) Estrous and related behaviour in postpartum Holstein cows. Appl Anim Ethol; 2:55-68.
60. **Kamar Heatmount Detector.** Disponible en: www.kamarinc.com. Fecha de consulta: 25/09/2008.
61. **Kennedy AD, Ingalls JR.** (1995) estrus detection with activity tags in dairy cows housed in tie-stalls. Can J Anim Sci; 75:633-636.
62. **Kiddy CA, Mitchell DS, Hawk HW.** (1984) Estrus-related odors in body fluids of dairy cows. J Dairy Sci; 67:388-391.
63. **Kiddy CA, Mitchell DS.** (1981) Estrus-related odors in cows: time of occurrence. J Dairy Sci; 64:267-271.
64. **Kiddy CA.** (1977) Variation in physical activity as an indication of estrus in dairy cows. J Dairy Sci; 60:235-243.
65. **Kiser TE, Britt JH, Ritchie HD.** (1977) Testosterone treatment of cows for use in detection of estrus. J Anim Sci; 44:1030-1035. Disponible en: jas.fass.org. Fecha de consulta: 16/11/2008.
66. **Kyle BL, Kennedy AD, Small JA.** (1998) Measurement of vaginal temperature by radiotelemetry for the prediction of estrus in beef cows. Theriogenology; 49:1437-1449.
67. **Lane AJP, Wathes DC.** (1998) An electronic nose to detect changes in perineal odors associated with estrus in the cow. J Dairy Sci; 81:2145-2150.
68. **Lehrer AR, Lewis GS, Aizinbud E.** (1992) Oestrus detection in cattle: recent developments. Anim Reprod Sci; 28: 355-361.
69. **Lehrer AR, Lewis GS, Aizinbud E.** (1991) Electrical resistance of genital tissues during reproductive events in cows, and its possible on-farm applications: A review. Wien Tierärztl Mschr; 78:317-322.

70. **Leidl W, Stolla R.** (1976) Measurement of electrical resistance of the vaginal mucus as an aid for heat detection. Theriogenology; 6:237-245.
71. **López-Gatius F, Santolaria P, Mundet I, Yániz JL.** (2005) Walking activity at estrus and subsequent fertility in dairy cows. Theriogenology; 63:1419-1429.
72. **Lotthammer KH.** (1992) Diagnóstico de los problemas de fertilidad en el hato bovino. VII Congreso latinoamericano de Buiatría. XX Jornadas Uruguayas de Buiatría 17-20 de junio. Secc. K. Paysandú-Uruguay, pp. 1-16.
73. **Lyimo ZC, Nielen M, Ouweltjes W, Kruip TAM, van Eerdenburg FJCM.** (2000) Relantionship among estradiol, cortisol and intensity of estrous in dairy cattle. Theriogenology; 53:1783-1795.
74. **Maatje K, Loeffler H, Engel B.** (1997) Predicting optimal time of insemination in cows that show signs of estrus by estimating onset of estrus with pedometers. J Dairy Sci; 80:1098-1105.
75. **Marcantonio S.** (1998) Cómo detectar celo. Disponible en: www.produccionbovina.com.ar. Fecha de consulta: 07/05/2008.
76. **Marcantonio S.** (1998) Métodos auxiliares a la detección de celo. Disponible en: www.produccionbovina.com.ar. Fecha de consulta: 08/05/2008.
77. **Marcantonio SA.** (1995) Detección de celo por medición de la resistencia eléctrica vaginal en bovinos. Vet Arg; 12:707-715.
78. **Meena RS, Sharma SS, Purohit GN.** (2003) Efficiency of vaginal electrical resistance measurement for oestrus detection and insemination in Rathi cows. Anim Sci; 76:433-437.
79. **Moore AS, Spahr SL.** (1991) Activity monitoring and an enzyme immunoassay for milk progesterone to aid in the detection of estrus. J Dairy Sci; 74:3857-3862.
80. **Murray R.** (1990) Detección de cello, como mejoramos y facilitamos la tarea. Fecha de publicación: 25/09/2008. Disponible en: www.engormix.com. Fecha de consulta: 20/2/2009
81. **Nebel RL.** (2004) Detección de celo. Debemos cambiar el criterio? Disponible en: www.produccionbovina.com.ar. Fecha de consulta: 09/05/2008.
82. **Nebel RL, Dransfield MG, Jobst SM, Bame JH.** (2000) Automated electronic systems for the detection of oestrus and timing of AI in cattle. Anim Reprod Sci; 60-61:713-723.
83. **Nebel RL.** (1988) On-farm milk progesterone tests. J Dairy Sci; 71:1682-1690.
84. **Nebel RL, Whittier WD, Cassell BG, Britt JH.** (1987) Comparison of on-farm and laboratory milk progesterone assays for identifying errors in detection of estrus and diagnosis of pregnancy. J Dairy Sci; 70:1471-1476.
85. **Overton MW, Sischo WM, Temple GD, Moore DA.** (2002) Using time-lapse video photography to assess dairy cattle lying behavior in a free-stall barn. J Dairy Sci; 85:2407-2413. Disponible en: jds.fass.org. Fecha de consulta: 15/11/2008.
86. **Pennington JA, Albright JL, Diekman MA, Callahan CJ.** (1985) Sexual activity of Holstein cows: Seasonal effects. J Dairy Sci; 68:3023-3030.
87. **Peralta OA, Pearson RE, Nebel RL.** (2005) Comparison of three estrus detection systems during summer in a large commercial dairy herd. Anim Reprod Sci; 87:59-72.
88. **Perry G.** (2004) Detection of standing estrus in cattle. Disponible en: agbiopubs.sdstate.edu/articles/FS921B.pdf. Fecha de consulta: 06/05/2008.

89. **Perry G.** (2004) The bovine estrous cycle. Disponible en: agbiopubs.sdstate.edu/articles/FS921A.pdf. Fecha de consulta: 06/05/2008.
90. **Peter AT, Levine H, Drost M, Bergfelt DR.** (2009) Compilation of classical and contemporary terminology used to describe morphological aspects of ovarian dynamics in cattle. Theriogenology; (2009), doi: 10.1016/j.theriogenology.2008.12.026.
91. **Radostits OM, Blood DC.** (1985). Sanidad del Ganado. Manejo sanitario y productivo del ganado. Ed. Agropecuaria Hemisferio Sur S.R.L., 497 p.
92. **Redden KD, Kennedy AD, Ingalls JR, Gilson TL.** (1993) Detection of estrus by radiotelemetric monitoring of vaginal and ear skin temperature and pedometer measurement of activity. J Dairy Sci; 76:713-721.
93. **Roche JF, Diskin MG.** (2005) Introducción hormonal de la ovulación y sincronización del celo en bovinos. XXXIII Jornadas Uruguayas de Buiatría. Paysandú, Uruguay. pp. 27-32.
94. **Rodriguez-Martinez H, Hultgren J, Båge R, Bergqvist AS, Svensson C, Bergsten C, Lidfors L, Gunnarsson S, Algers B, Emanuelson U, Berglund B, Andersson G, Håård M, Lindhé B, Stålhammar H, Gustafsson H.** (2008) Reproductive Performance in High-producing Dairy Cows: Can We Sustain it Under Current Practice? *International Veterinary Information Service,* Ithaca NY. Disponible en: http://www.ivis.org. IVIS Reviews in Veterinary Medicine, I.V.I.S. Fecha de consulta: 16/07/2009.
95. **Roelofs JB, van Eerdenburg FJCM, Soede NM, Kemp B.** (2005) Pedometer readings for estrous detection and as predictor for time of ovulation in dairy cattle. Theriogenology; 64:1690-1703.
96. **Roelofs JB, van Eerdenburg FJCM, Hazeleger W, Soede NM, Kemp B.** (2005) Relationship between progesterone concentrations in milk and blood and time of ovulation in dairy cattle. Anim Reprod Sci; 91:337-347.
97. **Roelofs JB, van Eerdenburg FJCM, Soede NM, Kemp B.** (2005) Various behavioral signs of estrous and their relationship with time of ovulation in dairy cattle. Theriogenology; 63:1366-1377.
98. **Roelofs JB, Bouwman EG, Dieleman SJ, van Eerdenburg FJCM, Kaal-Lansbergen LMTE, Soede NM, Kemp B.** (2004) Influence of repeated ultrasound examinations on hormone profiles and behaviour around oestrus and ovulation in dairy cattle. Theriogenology; 62:1337-1352.
99. **Rorie RW, Bilby TR, Lester TD.** (2002) Application of electronic estrus detection technologies to reproductive management of cattle. Theriogenology; 57:137-148.
100. **Rounsaville TR, Oltenacu PA, Milligan RA, Foote RH.** (1979) Effects of heat detection, conception rate and culling policy on reproductive performance in dairy herds. J Dairy Sci; 62:1435-1442.
101. **Rovere G, Sotelo F, Valena J, Slavica J.** (2007) Mejoramiento Lechero y el monitoreo reproductivo de los tambos uruguayos. IX Congreso Holstein de las Américas. 18 al 21 de Abril. Colonia-Uruguay. p.58.
102. **Schiavo JJ, Matuszczak RL, Oltenacu EB, Foote RH.** (1974) Milk progesterone in postpartum and pregnant cows as a monitor of reproductive status. J Dairy Sci; 58:1713-1716.
103. **Senger PL.** (1994) The estrus detection problem: new concepts, technologies, and possibilities. J Dairy Sci; 77:2745-2753.

104. **SINTEX.** (2005) Lab. de Especialidades Veterinarias. Disponible en: www.produccionbovina.com.ar. Fecha de consulta: 05/11/2008.
105. **Stan MN.** (1969) Détermination électrométic du moment optimum d'insémination artificielle chez la vache. Rec Méd Vét; 145:369-373.
106. **Stevenson JS, Tiffany SM, Lucy MC.** (2004) Use of Estradiol Cypionate as a Substitute for GnRH in Protocols for Synchronizing Ovulation in Dairy Cattle. J Dairy Sci; 87:3298-3305.
107. **TattleTale Timed- Mount Heat Detector.** Disponible en www.cowbreeder.com/instructions. Fecha de consulta: 23/04/2008.
108. **Thibier M, Chapalgaonkar K, Joshi A, Karbade V, Recca A.** (1983) Use of a heat detection paste on dairy cattle in France. Vet Rec; 113:128-130.
109. **Ungerfeld R.** (2002) Reproducción en los animales domésticos. Montevideo. Melibea Ediciones, 289 p.
110. **Uruguay.** Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. DIEA (2008) Anuario 2008. Disponible en www.mgap.gub.uy/diea/anuarios. Fecha de consulta: 07/05/2009.
111. **Vailes LD, Britt JH.** (1989) Influence of footing surface on mounting and other sexual behaviors of estrual holstein cows. J Anim Sci; 68:2333-2339.
112. **van Eerdenburg FJCM.** (2009) Detección de celos en vacas lecheras: como vencer al toro. XXXVII Jornadas Uruguayas de Buiatría. Paysandú, Uruguay. pp. 44-54.
113. **van Eerdenburg FJCM, Karthaus D, Taverne MAM, Merics I, Szenci O.** (2002) The relationship between estrous behavioral score and time of ovulation in dairy cattle. J Dairy Sci; 85: 1150-1156.
114. **van Eerdenburg FJCM, Daemen I, van der Beek E, van Leeuwen.** (2000) Changes in estrogen-α receptor immunoreactivity during the estrous cycle in lactating dairy cattle. Brain Res; 880: 219-223.
115. **van Vliet JH, van Eerdenburg FJCM.** (1996) Sexual activities and oestrus detection in lactating Holstein cows. Appl Anim Behav Sci; 50:57-69.
116. **Velasco Molina JH.** ¿y esta la vaca realmente en celo? Disponible en: www.produccionbovina.com.ar. Fecha de consulta: 07/05/2008.
117. **Wainstein AG, Bernal AS, Iriondo MR, Luco AO.** (2001) Heatwatch, sistema electrónico de detección de celo evaluado en hembras Holstein Friesian .Disponible en: www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/articulos/2001/191/pdf/16wainstein.pdf. Fecha de consulta: 30/08/2009.
118. **Walton JS, King GJ.** (1986) Indicators of estrus in Holstein cows housed in tie stalls. J Dairy Sci; 69:2966-2973.
119. **Washburn SP, Silvia WJ, Brown CH, McDaniel BT, McAllister AJ.** (2002) Trends in reproductive performance in southeastern Holstein and Jersey DHI herds. J Dairy Sci; 85:244–251.
120. **Wehner GR, Wood C, Tague A, Barker D, Hubert H.** (1997) Efficiency of the OVATEC unit for estrus detection and calf sex control in beef cows. Anim Reprod Sci; 46:27-34.
121. **Williams WF, Yver DR, Gross TS.** (1980) Comparison of estrus detection techniques in dairy heifers. J Dairy Sci; 64:1738-1741.

122. **Wilson TW, Gilson WD.** (2005) Estrous detection aids for beef cattle. Disponible en: pubs.caes.uga.edu/caespubs/pubcd/B1288.htm. Fecha de consulta: 07/05/2008.
123. **Wiltbank MC.** (1998). Improving reproductive efficiency in high producing dairy cattle. Cattle Pract; 6:261-273.
124. **Witt AC**. (2001) Alternativas farmacológicas para programas de sincronización de celos y/o de ovulación. Disponible en: www.produccionbovina.com.ar. Fecha de consulta: 05/11/2008.
125. **Wrenn TR, Bitman J, Sykes JF.** (1958) Body temperature variations in dairy cattle during the estrous cycle and pregnancy. J Dairy Sci; 41:1071-1076.
126. **Xu ZZ, McKnight JD, Vishwanath R, Pitt CJ, Burton LJ.** (1998) Estrus detection using radiotelemetry or visual observation and tail painting for dairy cows on pasture. J Dairy Sci; 81:2890-2896.
127. **Yániz J, Santolaria P, López-Gatius.** (2003) Relationship between fertility and walking activity of cows at oestrus. Vet Rec; 152:239-240.
128. **Yoshida C, Nakato T.** (2005) Some characteristics of primary and secondary oestrous signs in high-producing dairy cows. Reprod Dom Anim; 40:150-155.