

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE VETERINARIA

**DETERMINACIÓN DE LA DURACIÓN, INTENSIDAD Y CONDUCTA DE CELO EN VACAS
EN ORDEÑE Y VAQUILLONAS HOLANDO**

Por

María FERNANDEZ

Matilde PÉREZ

Andrés SANCHEZ

TRABAJO FINAL
presentado como uno de los requisitos para
obtener el título de
Doctor en Ciencias Veterinarias
(Orientación Producción Animal)
Modalidad Trabajo Experimental

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2006**

TESIS aprobada por:

Presidente de Mesa:

Alfredo Ferraris

Segundo Miembro (Tutor):

Daniel Cavestany

Tercer Miembro:

Daniel Elhordoy

Co-tutor:

Jose E. Blanc

Fecha:

23 de Junio de 2006

AGRADECIMIENTOS

A Daniel Cavestany por su dedicación y por todo el apoyo que nos brindó durante la realización de todo el trabajo.

A Eduardo Blanc por su apoyo y colaboración durante la investigación.

A nuestros compañeros y amigos (Albanell Federica, Bianchi Juan, García Pedro, Núñez Javier, Olariaga Federico, Silva Ana y Tort Guillermo) por su ayuda en la realización del trabajo de campo.

Al personal del INIA la Estanzuela, y a Daniela Crespi, Juliana Medín y Macarena Piana por su contribución.

A los docentes e investigadores que cooperaron en la realización y corrección del trabajo: Galina Carlos, Sienra Ricardo y Van Eedenburg Frank.

A Facultad de Veterinaria ciclo básico y orientación Producción Animal por nuestra formación.

A nuestros amigos del orientado Producción 2003.

A nuestras familias y amigos por su invaluable apoyo en todas las etapas de la vida.

TABLA DE CONTENIDO

Página

PÁGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS	III
1. RESUMEN.....	1
2. SUMMARY	1
3. INTRODUCCIÓN	2
4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
4.1. CICLO ESTRAL.....	4
4.1.1. Control hormonal del Ciclo Estral.....	4
4.1.2. Ovogénesis y desarrollo folicular.....	8
4.2. SINCRONIZACIÓN DE CELOS.....	9
4.2.2. Respuesta de las prostaglandinas	10
4.2.3. Prostaglandinas, su acción en hembras bovinas.....	10
4.2.4. Protocolos de sincronización de celos con prostaglandinas.....	11
4.2.5. Ventajas y desventajas del uso de prostaglandinas para la sincronización de celos	12
4.3. COMPORTAMIENTO ESTRAL.....	13
4.3.1. Factores que afectan el comportamiento.....	14
4.4. MÉTODOS DE DETECCIÓN DE CELOS.....	17
4.4.1. Observación visual.....	17
4.4.2. Métodos detectores de pasividad a la monta	17
4.4.3. Métodos basados en la medición de la actividad física	18
4.4.4. Métodos detectores de cambios no visuales.....	19
4.4.5. Métodos basados en el control del ciclo estral.....	19
4.5. EVALUACIÓN DE LA DETECCIÓN DE CELO	20
5. MATERIALES Y MÉTODOS	21
5.1. CRITERIOS DE COMPORTAMIENTO UTILIZADOS	21
5.2. DISEÑO 1	22
5.3. DISEÑO 2	24
5.4. Análisis estadístico.....	26
6. RESULTADOS.....	27
6.1. RESULTADOS DE LA SINCRONIZACIÓN	27
6.2. CARÁCTERÍSTICAS DEL CELO	27
6.2.1. Vaquillonas.....	27
6.2.2. Vacas	27
6.2.3. Hora de comienzo del celo	28
6.2.4. Dinámica folicular	28
6.3. COMPORTAMIENTO ESTRAL.....	29
6.3.1. Actividades a lo largo del día	30
6.3.2. Actividades con respecto al celo	31
7. DISCUSIÓN	41
8. CONCLUSIONES	44
9. REFERENCIAS.....	45

1. RESUMEN

Para estudiar la duración del celo, su intensidad y los signos conductuales en vaquillonas y vacas Holando en sistema pastoril se utilizaron 15 vaquillonas y 33 vacas en producción. Ambos grupos fueron sincronizadas con 2 dosis de Prostaglandina $F_{2\alpha}$ con un intervalo de 14 días, luego de la cual se realizó la observación continua de los animales durante 6 días. Se registró: topeteo, flehmen, inquietud, olfateo de vulva, apoyo de mentón, montada moviéndose, montada por la cabeza, montada en movimiento, acepta monta y descarga vaginal. Las vaquillonas se diferenciaron de las vacas, en duración del celo (9.9 ± 1.8 vs. 13.5 ± 2.0 horas), número promedio de montas (48.2 ± 13.4 vs. 26.8 ± 3.6), intensidad de montas (5.6 ± 0.8 vs. 2.5 ± 0.5). El intervalo entre la primer monta y la ovulación fue 29.1 ± 3.9 en vaquillonas y 26.9 ± 3.7 horas en vacas y entre la última monta aceptada y la ovulación de 19.3 ± 3.9 en vaquillonas 12.7 ± 2.6 horas en vacas. Tanto las vacas como las vaquillonas empezaban la actividad con topeteos, olfateo de vulva, flehmen y apoya mentón, para luego comenzar a montar y por ultimo aceptar la monta. La actividad en las vaquillonas empezó más temprano en el proestro mientras que las vacas comenzó más cerca del estro. Los mejores tiempos de observación fueron luego del amanecer y antes del atardecer. Los peores momentos fueron cuando los animales priorizaron otras actividades, como comer y al ordeño y posterior a él. Con mayor duración y cantidad de períodos dedicados a la observación se logran mejores eficiencias en la detección de celos.

2. SUMMARY

To study the duration, intensity and behavioral signs of estrus in Holstein heifers and cows in a grazing system, 15 heifers and 33 milking cows were used. Both groups were synchronized with two Prostaglandin $F_{2\alpha}$ treatments 14 days apart, after what animals were observed continuously for 6 days. Activities recorded were: butting, flehmen, restlessness, sniffing the vulva, chin resting, mounted but not standing, mounting (or attempt) other cows, and standing to be mounted. Duration of estrus was different in heifers than in cows (9.9 ± 1.8 vs. 13.5 ± 2.0 hours), average number of mounts (48.2 ± 13.4 vs. 26.8 ± 3.6), mounting intensity (5.6 ± 0.8 vs. 2.5 ± 0.5). The interval between the first accepted mount and ovulation was 29.1 ± 3.9 in heifers and 26.9 ± 3.7 in cows, and between the last accepted mount and ovulation of 19.3 ± 3.9 in heifers and 12.7 ± 2.6 hours in cows. Both categories started the activities with butting, sniffing, flehmen, chin resting, to start after those with the mounting. In heifers the activity started earlier in the proestrus, while in cows started closer to estrus. Best observation periods were at dawn and at dusk. Worst were when animals prioritized other activities, as eating or around the milking. More observation and longer daily periods are more efficient in the detection of heat.

3. INTRODUCCIÓN

Las pérdidas reproductivas pueden ser agrupadas en dos categorías: fallas en la fertilización y mortalidad embrionaria (DeJarnette y col., 2001). 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 mala detección de celo, la causa más importante (DeJarnette y col., 2001).

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 (Sepúlveda, 2000).

La eficiencia reproductiva del rodeo lechero es comúnmente medida mediante el intervalo entre partos (IEP), parámetro que afecta la producción diaria de leche (litros) de la vaca durante su vida productiva y el ingreso asociado por las ventas de leche de su producción, condicionando la rentabilidad del establecimiento. El IEP está determinado por el período de espera voluntario (PEV), por el porcentaje de detección de celo (PDC) y por el porcentaje de concepción (PC). Las vacas de un rodeo quedarán preñadas (porcentaje de preñez, PP) luego del PEV en función del PDC y del PC.

El PDC es el porcentaje de animales detectados en celo en 21 días, sobre el total de animales del rodeo. El PC es el porcentaje de animales que conciben del total de inseminados. El PP representa la proporción de vacas que quedan preñadas durante cada ciclo estral y determina el número de días con posterioridad al PEV necesarios para que las vacas queden preñadas ($PP = PDC \times PC$). A medida que el PP aumenta, debido a que el PDC y el PC son mayores, el IEP disminuye (de la Sota, 2000).

El PP a la primera inseminación explica el 79% de la variación en el IEP; la maximización del PDC y del PC a la primera inseminación son los dos factores más importantes para disminuir dicho intervalo (Ferguson y Galligan, 1993). Por tanto se sugiere que en las explotaciones de ganado vacuno lechero se deben aportar recursos y esfuerzos para optimizar el PDC y el PC para conseguir los mejores resultados en el programa reproductivo.

El PDC está determinado por la intensidad (habilidad del operador para detectar el número esperado de vacas en celo diariamente) y por la exactitud (habilidad del operador de reconocer los signos clínicos del celo) de detección de celo.

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 1955, a un 40 % en 1995 (Wiltbank, 1998).

La eficiencia de la detección de celo es 50% en la mayoría de los rodeos lecheros y un 5 a 30% de inseminaciones son realizadas en hembras que no están en estro (Senger, 1994). En 4.550 rodeos en EEUU, se reportó un 38% de PDC (Heersche y Nebel, 1994). Un estudio reciente (Washburn y col., 2002) encontró 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 ordeño de raza Holando y Jersey, respectivamente.

En Chile, en vacas lecheras confinadas en corrales, se obtuvo una eficiencia en la detección de celo de 78.7% mediante el sistema Heatwatch y 65.9% por observación visual 2 veces al día (Waisteing y col., 2001). En Uruguay en sistema pastoril sobre 8 rodeos lecheros y 1228 vacas los PDC obtenidos fueron de 91% para animales sometidas a un esquema de manejo reproductivo programado y 69% para el testigo con celo natural (Cavestany y col., 2000); en vacas primíparas Holando se obtuvo un PDC de 73% (Blanc y col., 2000). El sistema más utilizado en Uruguay para la detección de celos es la observación visual de la aceptación de monta.

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). La duración del estro 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 radiotelemedría) 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 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 tales como la alimentación. Estudios más recientes (Yoshida y Nakato, 2005) concluyeron que la duración de celos 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. En resumen, el acortamiento en la duración y manifestación del celo, las interrupciones en su expresión causadas por el manejo de los animales, el incremento del tamaño del rodeo y las modificaciones del medio ambiente dificultan la detección diaria de celo y como consecuencia disminuyen la eficiencia reproductiva del rodeo (de la Sota, 2000).

No existiendo trabajos nacionales publicados sobre la duración del estro en ganado de leche, en los diferentes sistemas productivos de nuestro país.

Objetivos

1. Determinar la duración del celo, su intensidad y su manifestación en vacas en ordeño y vaquillonas Holando en sistema pastoril.
2. Determinar las variaciones en intensidad y duración, según los signos conductuales y la categoría animal en sistema pastoril.

Estrategia de investigación

Para lograr los objetivos planteados anteriormente se realizarán dos diseños:

- 1) Diseño 1: estudio sobre vaquillonas de la raza Holando en sistema pastoril para analizar los signos conductuales de los grupos sexualmente activos durante el ciclo estral.
- 2) Diseño 2: estudio sobre hembras Holando en lactación en sistema pastoril para analizar los signos conductuales de los grupos sexualmente activos durante el ciclo estral.

Ambos ensayos se realizaron en el tambo experimental de INIA La Estanzuela.

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1. CICLO ESTRAL

La fisiología reproductiva de la hembra está regulada por mecanismos endocrinos y neuroendocrinos, por hormonas hipotalámicas, gonadotrofinas hipofisarias y esteroides secretados por el ovario (Hafez, 1989). La vaca en actividad sexual normal, por ser poliéstrica anual o de reproducción continua, libera un óvulo cada 21 días. Si ese óvulo no es fecundado, otro óvulo será liberado en el mismo intervalo de tiempo (Hafez, 1989).

El ciclo estral 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). Este se divide en una fase estrogénica o folicular que comprende proestro y estro y una fase progesterónica o luteal que comprende metaestro y diestro (McDonald, 1991). La modificación de la acción de las hormonas esteroideas en el útero parece estar regulada por la concentración de los receptores de estrógeno y progesterona que varían a lo largo del ciclo estral. Desde el período del proestro al metaestro hay gran receptividad por parte de los receptores citoplasmáticos endometriales a los estrógenos (Hafez, 1989).

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. Hay una disminución progresiva de los niveles de progesterona debido a la regresión del cuerpo lúteo del ciclo anterior (McDonald, 1991).

El **estro** o celo es el período de receptividad sexual, durante el cual 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 de Graaf. Los estrógenos estimulan el crecimiento uterino y la producción de prostaglandinas por el útero y otros tejidos. La ovulación se produce entre 10 a 11 horas luego de finalizado el estro (Hafez, 1989). Roelofs y col. (2005) encontraron que la ovulación se produjo en promedio 26.4 ± 5.2 horas después de la primer monta aceptada y 21.4 ± 5.4 horas después de la última monta aceptada.

Durante el **metaestro** una vez ocurrida la ovulación, las células que permanecen en el folículo roto proliferan y forman el cuerpo lúteo 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, 1989).

El **diestro** período de actividad del cuerpo lúteo dura de 14 a 16 días, y está relacionada con la duración del ciclo estral. La involución del cuerpo lúteo está determinada por la acción de un factor luteolítico, la prostaglandina $F_{2\alpha}$ (Hafez, 1989).

4.1.1. Control hormonal del Ciclo Estral

Los eventos ováricos están controlados por una interacción compleja entre hipotálamo, hipófisis anterior, ovario y útero (Peters y Ball, 1991).

Hipotálamo

Se encarga de la liberación de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), que es la responsable de la secreción de hormona luteinizante (LH) y de la hormona folículo-estimulante (FSH). También libera tirotropina (TRH) hormona estimulante de la tiroides y de la prolactina, en la hipófisis anterior (Peters y Ball, 1991).

Hipófisis Anterior

Se encarga de la liberación de las hormonas FSH, LH y Prolactina (PRL).

La FSH estimula el crecimiento y la maduración de los folículos de Graaf en el ovario por lo que se considera la iniciadora de la actividad ovárica. No provoca la secreción de estrógenos a partir del ovario por sí misma pero sí estimulará la producción en presencia de LH. Si se administran grandes cantidades de FSH, en forma exógena, se provocan ovulaciones múltiples (Peters y Ball, 1991). La LH estimula la maduración y ovulación del folículo de Graaf y en forma secundaria la formación y mantenimiento del cuerpo lúteo (Peters y Ball, 1991). La PRL es una hormona gonadotrópica con propiedades luteotrópicas aunque de menor importancia que la LH en los bovinos (Peters y Ball, 1991).

Ovario

EL ovario de las vacas es capaz de secretar varias hormonas esteroideas siendo las más importantes los estrógenos y la progesterona (Peters y Ball, 1991).

El principal estrógeno biológicamente activo es el 17β estradiol (Peters y Ball, 1991). La LH estimula las células de la teca de los folículos, para secretar testosterona la cual sufre un proceso de aromatización bajo la influencia de la FSH hasta convertirse en estradiol en las células de la granulosa (Fortune y Armstrong 1978). Actúan en el Sistema Nervioso Central para inducir el comportamiento de estro y requieren para ello pequeñas cantidades de progestágenos. Los estrógenos también actúan en el útero y hacen que aumente la masa del endometrio y miometrio, potencian la acción de la oxitocina y de la prostaglandina F₂alfa (PGF_{2 α}) aumentando la actividad y frecuencia de las contracciones uterinas. A éstos se les atribuye el desarrollo de las características sexuales (Hafez, 1989).

La progesterona es secretada mayoritariamente por las células del cuerpo lúteo, también por la placenta y la glándula suprarrenal. Prepara el útero para la implantación y el mantenimiento de la preñez, mediante el aumento de las glándulas secretoras del endometrio y la inhibición de la motilidad de éste. Es necesaria para inducir el comportamiento del estro junto con los estrógenos. Concentraciones elevadas inhiben el estro y el pico ovulatorio de LH, lo que hace evidente su importancia en la regulación del ciclo estral (Hafez, 1989).

La inhibina es secretada por las células de la granulosa de los folículos de Graaf. Esta tiene dos modos de acción: primeramente suprime la liberación de FSH y luego suprime la unión de ésta con las células de la granulosa folicular, evitando el desarrollo de los demás folículos (Peters y Ball, 1991).

Hormonas uterinas

Las prostaglandinas son sintetizadas en el endometrio y la mayoría de ellas actúan localmente en el sitio donde son producidas. La PE_{2 α} estimula la contracción del útero, dilata los vasos sanguíneos y no tiene acción luteolítica. La PGF_{2 α} estimula las contracciones uterinas, desempeña una función en el transporte de los espermatozoides, provoca constricción de los vasos sanguíneos y tiene propiedades luteolíticas. En la vaca la PGF_{2 α} actúa a nivel local por transferencia, difusión o algún otro medio desde la vena útero-ovárica

hacia la arteria ovárica (Mc Donald, 1991). La regresión del cuerpo lúteo se debe al efecto vasoconstrictor de la $PGF_{2\alpha}$ que induciría hipoxia y conduciría a la luteólisis, o por el bloqueo de los receptores de LH presentes en el cuerpo lúteo compitiendo con esta hormona luteinizante y provocando el cese de la actividad del cuerpo lúteo. El embrión envía un mensaje al útero para evitar la liberación de la $PGF_{2\alpha}$, lo que permite que se mantenga el cuerpo lúteo y la gestación (Hafez, 1989). También participa en la inducción del trabajo de parto al final de la gestación mediante su acción sobre el músculo liso del útero. Provoca el aborto cuando se administra al principio de la gestación e induce trabajo de parto si es administrada hacia el final de la misma (McDonald, 1991).

Control hormonal del ciclo estral

La GnRH es secretada en forma pulsátil con una frecuencia de 70 a 90 minutos, esta liberación pulsátil induce a que las gonadotropinas (LH y FSH) sean también secretadas en pulsos (ver figura 1). Los pulsos secretados de gonadotropinas varían durante el ciclo estral aumentando en la fase folicular y disminuyendo en la fase lútea del ciclo.

La LH y FSH se liberan en forma tónica o basal, y son reguladas por retroalimentación negativa a partir de las gónadas. Los niveles de LH no son estacionarios, sino que muestran oscilaciones cada hora (Hafez, 1989).

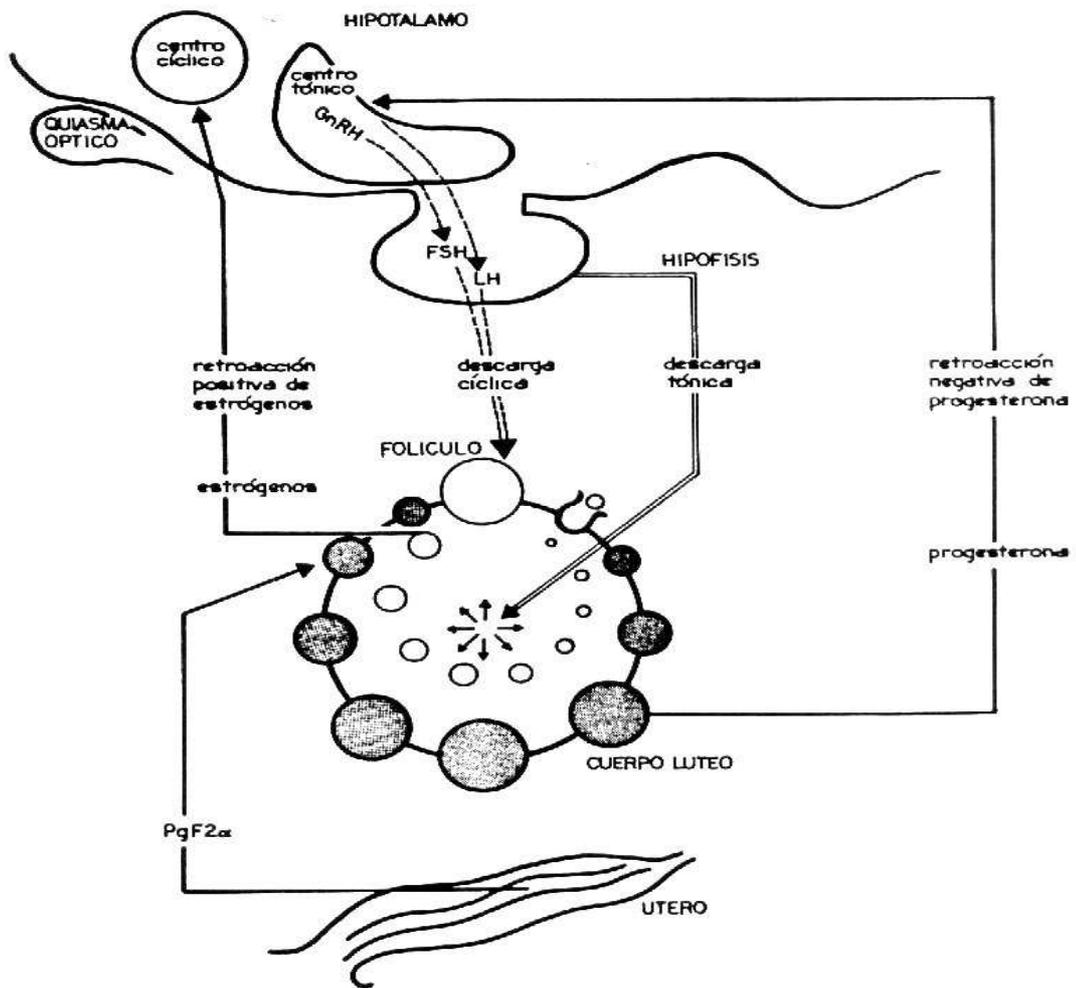
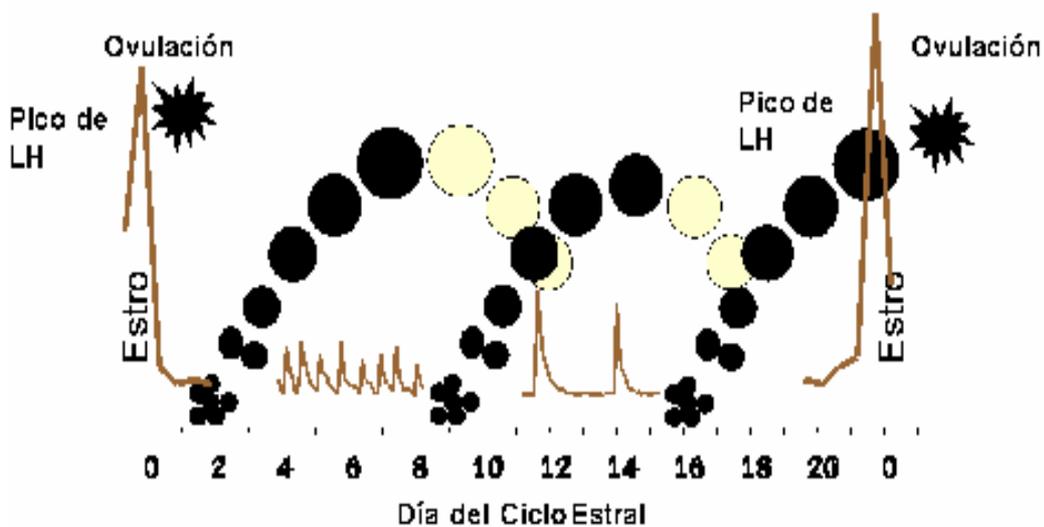


Figura 1: Resumen del control hormonal del ciclo estral (adaptado de Hafez, 1989)

También se produce un aumento pulsátil preovulatorio 6 a 12 horas antes de la ovulación. La elevación de LH se debe a un aumento de la concentración sérica de los estrógenos, que tiene un efecto positivo en el hipotálamo induciendo la liberación GnRH (Hafez, 1989). Durante la fase luteal, bajo la influencia de una baja frecuencia de liberación de GnRH, la



FSH estimula el crecimiento de los folículos ováricos. Los folículos mayores comienzan a secretar estradiol e inhibina (Peters y Ball, 1991). La mayoría de las vacas presentan de 2 a 3 ondas foliculares por ciclo estral, variando éstas desde 1 a 4 (Savio y col., 1988; Sirois y Fortune, 1988) (ver figura 2). Las ondas de crecimiento folicular no solo ocurren en animales ciclando, también están presentes en animales prepúberes (Evans y col., 1994), en animales durante el posparto (Savio y col., 1990), y en los animales preñados (Thatcher y col., 1991; Ginther y col., 1996).

Figura 2: Dinámica folicular durante un ciclo estral de tres ondas foliculares en la vaca

Después de 10 a 12 días de exposición al 17β estradiol, progesterona y posiblemente oxitocina, el endometrio secreta $PGF_{2\alpha}$ que ocasiona la luteólisis. La caída de concentraciones de progesterona produce un aumento en la amplitud y frecuencia de la liberación de LH que estimula la producción de 17β estradiol. Esta cadena de eventos normalmente termina con la aparición del estro, la oleada de gonadotropina y la ovulación (Peters y Ball, 1991). La disminución en la concentración de progesterona, en la fase lútea por luteólisis producida por prostaglandinas o enucleación de cuerpo lúteo es seguida por acortamiento del ciclo. La ovulación se presenta en los siguientes tres días y demuestra una aceleración inmediata del crecimiento folicular.

4.1.2. Ovogénesis y desarrollo folicular

Durante los primeros estadios de la gestación las células germinales primordiales pueblan las crestas germinales de las que derivan los ovarios, estas células se diferencian en oogonias por divisiones mitóticas. Las oogonias a su vez se transforman en oocitos cuando inician el proceso de reducción del número de cromosomas a estado haploide mediante la primera división meiótica. Este proceso se detiene por el factor inhibidor de la meiosis secretado por las propias células foliculares en desarrollo. La meiosis inicial en el oocito primario no se reanuda hasta que el folículo no alcance su desarrollo (García Sacristán, 1995).

De la reserva de folículos primordiales, algunos comienzan a crecer continuamente (reclutamiento folicular) aumentando de tamaño el oocito al mismo tiempo que las células foliculares proliferan por división, originando varias capas de células de la granulosa. Alrededor de éstas aparece la lámina basal originada por la secreción de las propias células. Las células del estroma ovárico también comienzan a organizarse alrededor de la lámina basal del folículo originando las células precursoras de la teca. Este folículo recibe el nombre de folículo primario o preantral que constituye el máximo grado de desarrollo folicular del ovario de las hembras prepúberes degenerando todos ellos por atresia folicular. Este desarrollo folicular se caracteriza porque no participan las gonadotropinas hipofisarias (García Sacristán, 1995).

La evolución de los folículos desde la fase preantral a folículo antral constituye un proceso más lento que se inicia cuando el animal alcanza la pubertad. Esta condición es necesaria porque en esta etapa de crecimiento folicular participan las gonadotropinas hipofisarias (LH y FSH) así como las hormonas esteroideas, producidas por el folículo en respuesta a la secreción hipofisaria de gonadotropinas. Durante esta fase las células de la capa de la granulosa proliferan aún más aumentando el número de capas, al mismo tiempo las células precursoras de la teca aparecen completamente diferenciadas formando dos capas concéntricas de células. La más interna formada por células secretoras de hormonas (teca interna) y la más externa (teca externa), ambas capas con abundante vascularización. La

formación del folículo antral se caracteriza por la aparición del líquido folicular que a medida que se produce provoca la separación de las células de la granulosa entre sí originando la aparición de cavidades, éstas se unen entre sí hasta formar una única cavidad denominada antro. La composición del líquido folicular es compleja incluyéndose esteroides y glucoproteínas sintetizadas por las células de la pared folicular. Como consecuencia de la formación del antro las células de la granulosa se desplazan hacia la pared del folículo, de forma que el oocito aparece en él situado excéntricamente, rodeado de una capa células de la granulosa (de dos a tres células de grosor) formando el cumulus oophorus. Este folículo antral maduro se conoce con el nombre de folículo de Graaf o preovulatorio. De todos los folículos primordiales que inician el proceso de crecimiento durante cada ciclo ovárico solo uno de ellos se convierte en folículo dominante destinado a la ovulación, los restantes se degeneran por atresia folicular (García Sacristán, 1995).

4.2. SINCRONIZACIÓN DE CELOS

La sincronización de celos y ovulación es un tratamiento que se realiza a un grupo de animales con el objetivo de producir ambos fenómenos en un corto período de tiempo, el resultado entonces es un agrupamiento de los celos (Alberio, 2003). En una población de animales sexualmente activos, ciclando en forma normal, la frecuencia diaria de celos manifestados oscilara entre un 3% y un 4% (Smalley, 1981). El empleo de tratamientos hormonales que permiten controlar el ciclo estral resulta una herramienta facilita la incorporación de técnicas de mejoramiento genético como la inseminación artificial (Marcantonio, 2003).

Uno de los principales objetivos de los sistemas de manejo con pariciones y períodos de servicios estacionales es obtener el mayor número de animales preñados en el menor tiempo posible (Cavestany, 2002). Para lograr esto se han desarrollado biotecnologías reproductivas que son las que actualmente están en uso en la producción de bovinos para el control del ciclo estral (Alberio, 2003).

La sincronización del estro es una excelente herramienta dentro de un programa de control reproductivo que debe cumplir algunos requisitos mínimos tales como: identificación de los animales y registros precisos, buen nivel nutricional del rodeo, sanidad óptima, manejo, instalaciones y personal apropiados, eficiencia en la detección del celo, semen de alta calidad, planificación de los servicios, planificación de los futuros partos, examen ginecológico previo y uso correcto de diferentes drogas (Blanc, 1994). Otra de las restricciones de la sincronización de celos es que no se puede aplicar en rodeos con bajos porcentajes de celo diario, ya que su única función es agrupar éstos en las hembras que se encuentran en condiciones de manifestarlos; la sincronización no aumenta la fertilidad de los celos ni la efectividad de una inseminación artificial (IA) (Bavera, 2000). Una consecuencia de importancia económica está dada por el hecho de que animales sincronizados (por lo general vaquillonas) paren en su primer ciclo reproductivo en forma muy agrupada y muy temprano en el período de parición (Alberio, 2003). La agrupación de estos servicios permite acortar en forma significativa el período de parición lo que constituye en un aprovechamiento secundario de la sincronización de celos, aunque no menos importante desde el punto de vista económico. Lo anterior se traduce en una productividad mayor a lo largo de la vida del animal (García Paloma y col., 1992; Burris y Priode, 1995). Tanto por mejorar su propio desempeño reproductivo como por facilitar la obtención de un rodeo con parición muy agrupada. Otra ventaja es el agrupamiento de las preñeces y por ende de las pariciones, que facilitan la realización de una mejor supervisión de estos períodos con la consiguiente

disminución de pérdidas neonatales, obteniendo terneros más uniformes y en consecuencia, un mayor peso promedio al destete (Callejas, 1988).

4.2.1. Prostaglandinas, estructura y aplicaciones

Las PG son sustancias orgánicas extremadamente potentes que aparecen naturalmente en una gran variedad de tejidos y situaciones biológicas (Bavera, 2000). Las PG provienen del ácido araquidónico, ácido graso insaturado de 20 carbonos. Todas las PG contienen un anillo de 5 átomos de carbono que originalmente formaba parte de la cadena del ácido araquidónico se metabolizan rápidamente en los pulmones (McDonald, 1991). La $PGF_{2\alpha}$ participa en el control del parto, interrupción de la gestación y control del estro. El rol de las $PGF_{2\alpha}$ consiste en una estimulación de la musculatura lisa o en un efecto luteolítico y en una combinación de ambos efectos.

En nuestro país, la sincronización del celo en bovinos con $PGF_{2\alpha}$ ha sido utilizada desde hace años, para la concentración de celos y de las pariciones, con las ventajas de utilizar mejor la oferta forrajera, para lograr mayor producción o mejor precio, y para optimizar algunos índices reproductivos y de atención al parto (Bonnevaux y col., 1982; Bonnevaux y col., 1983). Se ha utilizado fundamentalmente en vaquillonas y vacas secas (Blanc y col., 1994). La utilización en estas categorías se debe a que los costos de su empleo son menores en comparación con otros métodos de sincronización, además se obtienen buenos resultados en la presentación y concentración de celos.

4.2.2. Respuesta de las prostaglandinas

El requisito fundamental para que las hembras respondan adecuadamente a los protocolos con $PGF_{2\alpha}$ es que se encuentren ciclando (Marcantonio, 2003).

El CL de la vaca permanece, durante los 3 a 4 primeros días de existencia, relativamente libre del efecto luteolítico de la $PGF_{2\alpha}$; sin embargo a partir del 5º día ésta puede provocar una regresión luteal. La aplicación de dicha droga, alrededor del día 16 o 17 del ciclo, no ocasionaría ningún desplazamiento del estro siguiente, ya que en ese punto ocurre la liberación de $PGF_{2\alpha}$ endógena y la luteólisis ya ha comenzado. Esto quiere decir que si se va a inyectar a los animales al azar va a haber un 60% que va a responder a la droga a la primera inyección, debido a que las $PGF_{2\alpha}$ no son efectivas durante los primeros días del ciclo, donde no hay CL, o en los últimos días en los cuales regresa normalmente el CL. Con respecto a las fallas en el uso de las $PGF_{2\alpha}$ la luteólisis es menos frecuente en los CLs recién formados de 5 a 6 días y no llega al 90 % de luteólisis hasta que el CL tiene 8 a 9 días de edad (Elhordoy y Hernández, 1987).

4.2.3. Prostaglandinas, su acción en hembras bovinas

La $PGF_{2\alpha}$ es un potente agente luteolítico en el bovino (Rowson y col, 1972; Inskeep, 1973), por lo que ha sido utilizada para controlar la vida media del cuerpo lúteo. Comercialmente existen diferentes $PGF_{2\alpha}$ y análogos de la $PGF_{2\alpha}$: Clorprostenol – D, Tiaprost, Alfaprostol, Etiproston, Fenprostanelo, etc. Estos se definen como aquellas moléculas base que se transforman en un molécula nueva con una actividad específica (Elhordoy y Hernández, 1987). La $PGF_{2\alpha}$ puede ser utilizada en combinación con GnRH para la aplicación de esquemas que sincronizan tanto la regresión del CL como el desarrollo folicular (Lucy y col.,

1992; Wolfenson y col., 1994; Pursley y col., 1995; Schmitt y col., 1996). La administración de $\text{PGF}_{2\alpha}$ en el día 6 o 7 post GnRH produce un alto grado de sincronización de celos y la ovulación corresponde al folículo que surge a partir de una nueva onda de crecimiento folicular (Wolfenson y col., 1994). Los métodos de sincronización de ondas foliculares y ovulaciones permiten desarrollar programas de inseminación a tiempo fijo. De esta manera se logra evitar las fallas debidas a una incorrecta detección de celos, la desventaja es que dichos programas elevan los costos.

4.2.4. Protocolos de sincronización de celos con prostaglandinas

El tratamiento con $\text{PGF}_{2\alpha}$ puede ser empleado con distintos protocolos, que incluyen 1 o 2 dosis por animal seguidas por la inseminación con o sin previa detección de celo (Marcantonio, 2003).

Protocolo a dosis única.

La utilización del tratamiento con 1 dosis de $\text{PGF}_{2\alpha}$ permite ahorrar la mitad del agente sincronizante empleado que en los tratamientos convencionales de 2 inyecciones. El porcentaje de respuesta, tras una sola inyección de $\text{PGF}_{2\alpha}$ entre los días 7 a 16 es de 60% a 70% (Cavestany, 2002).

Protocolo a doble dosis.

Se administran dos inyecciones con un intervalo de 11 días, Bosch (1976) y Alberio (2003) sugieren que la PG, puede constituirse en un eficiente método para controlar el estro en vaquillonas cuyos ciclos sexuales se distribuyen al azar. La aplicación de la segunda dosis produce la luteólisis en aquellos animales que no respondieron a la primera aplicación, (por encontrarse en fases donde la $\text{PGF}_{2\alpha}$ no ejerce su acción luteolítica), ya que los mismos al momento de la segunda dosis presentaran un CL funcional y por lo tanto responderán al efecto luteolítico de la $\text{PGF}_{2\alpha}$. Cooper (1974) y Bavera (2000), utilizando dos dosis de $\text{PGF}_{2\alpha}$ aplicadas con un intervalo de 10 a 12 días, encontró que era posible obtener una sincronización de celo prácticamente en todos los casos, o al menos, en aquellos en que había un ciclo normal. Esto explica que los animales al momento de la segunda inyección (10 a 12 días posteriores) tendrán un CL funcional, por lo que la luteólisis, luego de la segunda dosis de $\text{PGF}_{2\alpha}$, será del 90 a 100%, siempre que el rodeo esté ciclando regularmente y se encuentre en un buen estado general.

Detección de celo e inyección de Prostaglandina a los animales que no manifestaron celo.

Este método consiste en detectar el celo e inseminar a los animales durante 5 a 7 días, inyectar $\text{PGF}_{2\alpha}$ al día siguiente y continuar con la detección de celo e IA por 5 a 6 días más (Callejas, 1998). Al utilizar una sola dosis se agrupan los celos en un período de 10 a 13 días con un pico en los 3 a 4 días posteriores a la inyección de $\text{PGF}_{2\alpha}$ (Alberio y col., 1978; Butler y col., 1995).

Palpación del cuerpo lúteo e inyección de Prostaglandina.

Teniendo en cuenta que la $\text{PGF}_{2\alpha}$ tiene su efecto ante la presencia de un CL funcional este método propone tratar con $\text{PGF}_{2\alpha}$ sólo a aquellos animales que presenten dichos CL. Varios autores han encontrado diferencias en la precisión a la palpación transrectal de un CL que oscila entre un 71% y 96% y en el grado de respuesta que oscila entre un 64% y 72% (Fortín,

1989). Es una alternativa que nos permite conocer el estado reproductivo del rodeo y reducir los tratamientos con $\text{PGF}_{2\alpha}$.

4.2.5. Ventajas y desventajas del uso de prostaglandinas para la sincronización de celos

Permite obtener un mayor número de animales en celo y por lo tanto, un mayor número de animales a inseminar y aumenta la eficiencia reproductiva de los establecimientos. Una desventaja para la aplicación de este método de sincronización es la falla en la interpretación correcta de los signos del celo. Además, la totalidad del rodeo deberá estar ciclando si no, no habrá una respuesta adecuada al tratamiento.

Las categorías para llevar adelante el método sobre la base de $\text{PGF}_{2\alpha}$ serían vaquillonas y vacas secas ciclando normalmente. Mientras que en vacas posparto se pueden llevar a cabo programas de sincronización de celo, mediante la utilización de progestágenos en casos de anestro superficial. La decisión de que programa de sincronización de celos deberá tomarse únicamente con la asesoría del veterinario que deberá tomar en cuenta el objetivo productivo del rodeo, la categoría, la sanidad, estado fisiológico y la condición corporal de los animales.

4.3. COMPORTAMIENTO ESTRAL

La clave de la inseminación artificial es la detección de celos, por lo que es muy importante conocer las manifestaciones externas en la conducta de la hembra bovina y los signos físicos. El criterio más confiable para determinar que una vaca o vaquillona está en celo es la pasividad a la monta por otra vaca (Williamson y col., 1972; Foote, 1975). Es el único indicador fidedigno de que la vaca está en celo. Este comportamiento constituye el denominado “reflejo de aceptación del macho”, es específico y consiste en la inmovilidad de la vaca durante 5 a 7 segundos cuando es montada por el toro u otra vaca (Marcantonio, 1998).

Los signos secundarios son características del comportamiento que acompañan al celo, antes, durante y después de producido el mismo. Ellos son: actividad de monta, inquietud, mugidos, nerviosismo, rozamiento de cabeza y cuello, olfateo y lamido de genitales, actitud de topar, apoyo del mentón en la grupa o reflejo de papada, flehmen, aumento en la frecuencia de micción, disminución del consumo y disminución de la producción.

Los signos físicos son la consecuencia de las manifestaciones del celo, ellos son vulva inflamada y rojiza, descarga vulvar de moco límpido y transparente (filante) que a menudo se adhiere a la cola, pelos parados, peladuras en la cola y suciedad en anca y flancos (Peters y Ball, 1991; Cavestany y Méndez, 1993). Se produce también una pequeña elevación de la temperatura corporal (0.3 a 1.1 °C), la cual puede verse reflejada en la leche (0.2 a 0.4 °C), aunque es muy variable y de corta duración. Estas características secundarias las manifiestan las hembras durante el celo, pero también algunas horas antes o después de finalizado el estro (Marcantonio, 1998).

Hay una tendencia a formar los grupos sexualmente activos, en los cuales hay una disminución en los tiempos de pastoreo, descanso, rumia y frecuentemente en la producción de leche. Hay un aumento en el tiempo de caminata, así como también la frecuencia de micción se incrementa (Morrow, 1986).

Williamson y col. (1972) realizaron un estudio en un rodeo comercial grande de vacas lecheras para describir el comportamiento del estro. Describieron los principales signos del comportamiento durante el estro y ordenaron de acuerdo a su exactitud, aunque algunos también se manifiestan en otras etapas del ciclo:

- 1) Dejarse montar permaneciendo parada inmóvil. Ésta era la actitud más importante y fue observada en el 79% de vacas en estro. El comportamiento de inmovilidad fue observado en 4.5% de vacas no en estro y 7.3% de vacas preñadas.
- 2) Montar otras vacas en varias ocasiones; exhibición de actividad homosexual.
- 3) Rizado, raspado, de grupa y/o base de la cola frotada. Estos signos eran engañosos pues persistieron por 4 a 6 días.
- 4) Formación de un grupo sexualmente activo. La actividad del grupo de vacas sexualmente activas era importante especialmente en la noche, incluyendo vacas en estro o proestro y ninfómanas. Estas vacas están paradas a menudo juntas o muy cercanas a algunos metros de distancia.
- 5) Nerviosismo o inquietud. Si es en sistemas pastoriles se produce la interrupción del pastoreo (disminución del consumo) y caminatas produciendo un aumento de la actividad.
- 6) Vulva hinchada, edematosa y relajada. Esto fue visto solamente en algunas vacas y no es confiable.

- 7) Flujo mucoso filante por la vulva, especialmente después de la monta o de acostarse. Este dato era útil pero infrecuente.
- 8) Olfateo y lamido de la vulva, flehmen, apoyo del mentón en la grupa, signos también vistos en vacas en diestro.
- 9) Levantamiento y movimientos de la cola, orina frecuente y mugidos. Esto también fue visto en vacas en diestro por otras causas.

4.3.1. Factores que afectan el comportamiento

El comportamiento de la vaca en celo esta influenciado por varias causas.

El macho

El coito acorta la duración del período del celo. También puede acelerar el momento de la ovulación (Hafez, 1989; Cavestany y Méndez, 1993).

La época del año y el clima

Los celos generalmente son más cortos en el trópico (Mukasa-Mugerwa, 1989). Está descrito que el estrés calórico reduce el largo (Abilay y col., 1975) y la intensidad del estro (Gwasdauskas, 1983). Según Pennington y col. (1985) el estro puede ser de un 20% a un 30% más duradero en climas templados o moderados que en ambientes muy fríos o calurosos. Una temperatura ambiente elevada puede reducir no solamente la duración sino también la intensidad de celo. Puede incluso aumentar la frecuencia de anestros o celos no detectados. Las lluvias intensas también provocan una disminución de la actividad sexual (Cavestany y Méndez, 1993).

El momento del día

Tanto el momento de inicio del estro o primer monta aceptada, como la distribución de montas durante el día, son muy variables según lo descrito por diferentes autores. En un estudio de Xu y col. (1998), realizado sobre animales en pastoreo, no se encontraron diferencias en las montas a lo largo del día con una tendencia a aumentar en la tarde. Sin embargo, para Trimberger y Frincher (1956) tiene una distribución igual a lo largo del día y la noche. Para Hurnick y col. (1975) el 70% de las actividades de montas tienen lugar entre las 20:00 y las 06:00 horas. Según McDonald (1991) el 60% a 70% de esta actividad estral tiene lugar entre las 18:00 y las 06:00 horas. De Silva y col. (1981) encontraron un mayor número de montas totales en las vacas que entraron en celo en la mañana (am) (11.4 ± 5.6 montas por hora, $P < 0.01$) que aquellas que entraron en la tarde (pm) (7.6 ± 5.6 montas por hora; promedio \pm SD). Hurnik y col. (1975), utilizando filmaciones continuas, encontraron que el verdadero comienzo del estro se registraba a la medianoche y la mayoría de las vacas mostraban los primeros síntomas de celo entre las 21:00 y las 4:00. Dransfield y col. (1998) no encontraron diferencias en la distribución del inicio y fin del celo, a lo largo de cuatro períodos de 6 horas. En un estudio en Uruguay, utilizando radiotelemedría se encontró que el inicio del celo en vacas en ordeño, es de 32.3% entre las 0-6, 10.8% entre las 6-12, 36.2% entre las 12-18 y 20.8% entre las 18-24 horas (Cavestany 2002, datos no publicados).

Manejo

Las actividades que se realizan habitualmente como ordeños, racionamientos, limpieza de instalaciones, etc. afectan disminuyendo la manifestación del celo (Dransfield y col., 1998). Pennington y col. (1986) y Hurnick y col. (1996) también encontraron que los cambios en el

comportamiento de montas eran debidos a distracciones producidas por el manejo (ordeño y alimentación).

El número de la población sexualmente activa

Cuando el número de vacas en celo aumenta, el número de montas (actividad sexual) por período de celo aumenta. Hurnik y col. (1975) encontraron que cuando hay sólo 1 vaca en celo se registran solamente 12 montas durante un período de celo (de promedio de 10 horas de duración) lo que es un poco más de una monta de entre 5 a 7 segundos por hora. La actividad de montas aumenta cuando hay más vacas en celo: 36 montas si hay 2 en celo, y 56 cuando hay por lo menos 3. Esto es debido a que las vacas en celo son “buenas detectoras” o lo que es lo mismo, lo que se llama una población sexualmente activa. Una vaca ninfómana con quistes foliculares es una buena detectora de vacas en celo así como las vacas que están en proestro. El inconveniente de una detectora es que puede mostrar cierta predilección por una o unas vacas en celo e ignorar a otra u otras que también lo estén. Roelofs (2005) encontró que un mayor número de animales en estro, aumenta la intensidad de los signos de comportamiento estral. Helmer y Britt (1985) usaron vaquillonas sincronizadas para estudiar la actividad de monta durante las diferentes etapas del ciclo estral, y encontraron que un 66% de todas las montas las realizaban animales en estro, y más de un 85% animales en estro y proestro. A una mayor cantidad de animales sexualmente activos, las montas y aceptaciones de monta también eran mayores. En estudios de rodeos pequeños (45 a 50 vacas) una posible causa para el bajo número de montas aceptadas por animal, pueden ser debidas a que se encuentra solo una vaca en celo por vez (Van Eedenburg y col., 1996).

El número de celo posparto

A medida que aumentan los celos posparto la actividad de monta también aumenta (Hurnik y col., 1975).

Razas y líneas genéticas

La duración del estro en ganado cebú y sus cruzas es menor que en razas europeas y en ambos tipos la duración es menor en vaquillonas que en vacas (Mukasa-Mugerwa, 1989; King, 1990). También hay grandes diferencias entre el número de montas e intensidades de celo estimadas para las hijas del mismo toro y se constató el efecto año, rebaño y época de parto (Hafez y col., 1969). Se estima una heredabilidad y repetibilidad baja para ambos caracteres (del 21% y 26-29% respectivamente). Rottensten y Touchberry (1957) calcularon la heredabilidad para la expresión del celo en un 0.21.

Producción de leche

Hay autores que encontraron una correlación negativa entre producción de leche y fertilidad (Ferguson y col., 1990; Inostroza y Sepúlveda, 1999; Butler, 2000), por lo que opinan que la mejora de los niveles de producción esta derivando en un detrimento de las tasas reproductivas. Mientras que otros autores no encontraron ninguna relación entre estos parámetros, rechazando esta teoría (Spicer y col., 1990; Van Vliet y Van Eerdenburg, 1996; Heres y col., 2000; Van Eedenburg y col., 2002).

Superficie donde se encuentran

La superficie donde montan las vacas influye en la duración del celo y en la actividad de monta y aceptación de ella. Superficies de cemento, mojadas y pisos de los corrales disminuyen la exteriorización e intensidad del celo.

Britt y col. (1986) mediante observación visual estimaron que el número de montas aceptadas promedio era de 3.7 ± 0.3 cuando estaban sobre tierra y 2.5 ± 0.2 cuando se encontraban sobre concreto; los eventos de monta fueron 3.8 ± 0.3 (sobre tierra) y 2.7 ± 0.2 (sobre concreto). Pennington y col. (1986) y Walker y col. (1996) encontraron resultados similares con mayor cantidad de montas en los lugares de mejor piso.

Edad de la vaca

En vaquillonas y vacas primíparas los celos son más cortos que en vacas multíparas (más de 2 partos). La actividad aumenta con la edad de la vaca y puede deberse a su experiencia sexual (Gwasdauskas y col., 1983). Walker y col. (1996) describieron que la duración del estro fue de cerca del 50% más corto en primíparas (7.4 ± 1.4 horas) que para multíparas (13.6 ± 2.0 horas). Peralta y col. (2005) encontraron que el número de montas fue mayor en primíparas que en multíparas. Van Eedenburg y col. (2002) no encontraron ninguna relación entre número de partos y comportamiento estral. Sin embargo Roelofs y col. (2005), definiendo el estro por las actividades realizadas con una escala de puntos, encontraron una duración mayor en primíparas que en multíparas. Esto es debido a que las primíparas tienen un mayor período de tiempo expresando olfateo de vulva y apoyo de mentón.

En el cuadro I se pueden observar diferentes trabajos realizados en diferentes regiones, condiciones y categorías, utilizando varios sistemas de observación.

Cuadro I: Resumen de las diferentes duraciones de celo y cantidad de montas aceptadas en estudios con diferentes categorías

Autor	Categoría	Sistema	Duración	Montas
Nebel y col. 1998	Vaquillonas	HeatWatch	10.3 ± 5.9	16.3 ± 11.6
Yoshida y Nakato 2005	Vaquillonas	Observación cada 4 h.	6.2 ± 3.9	
Cavalieri y col. 2003	Vacas secas	Observación continua	14.4	42.7
Cavalieri y col. 2003	Vacas secas	HeatWatch	10.9	17.8
Walker y col. 1996	Multíparas en ordeño	HeatWatch	13.6 ± 2.0	10.1 ± 9.9
Walker y col. 1996	Primípara en ordeño	HeatWatch	7.4 ± 1.4	
Xu y col. 1998	Vacas en ordeño	HeatWatch	8.6 ± 0.5	11.0 ± 2.8
Dransfield y col. 1998	Vacas en ordeño	HeatWatch	7.1 ± 5.4	8.5 ± 6.6
Yoshida y Nakato 2005	Vacas en ordeño	Observación cada 4 h.	6.4 ± 4.3	
Taras y Spahr 2001	Vacas ordeño sincronizada	HeatWatch	5.83 ± 0.78	6.7 ± 0.7
Taras y Spahr 2001	Vacas ordeño natural	HeatWatch	5.57 ± 1.02	5.4 ± 0.8

4.4. MÉTODOS DE DETECCIÓN DE CELOS

4.4.1. Observación visual

Este método consiste en que una persona responsable de la tarea observe el rodeo para identificar aquellas hembras que presenten el único indicador específico de celo: la pasividad a la monta. La manera más precisa para detectar celos sería la detección de celos las 24 horas. Esto no es práctico ni muchas veces posible, por lo que hay que buscar la manera más adecuada y a la vez más efectiva. Un programa de detección de celo 3 veces por día (al amanecer, mediodía y atardecer) o 2 veces por día (al amanecer y al atardecer) por un período de 1 hora puede detectar el 90% de los celos que ocurren (Cavestany y Méndez, 1993).

Durante la detección deben crearse las condiciones para que el celo se manifieste, uno de los aspectos fundamentales en este sentido es considerar el lugar donde se va a llevar a cabo la observación. El lugar ideal es el propio potrero en una esquina del mismo juntando o rodeando los animales a fin de favorecer la interacción del grupo sexualmente activo. Es muy importante que estén juntos pero no apretados, para interpretar correctamente la pasividad a la monta. El mejor momento es cuando el animal no tiene otra actividad como prioritaria, como por ejemplo comer (Marcantonio, 1998).

Las vacas deben estar perfectamente identificadas para que no existan dudas de cual entró en estro. Se debe también registrar las vacas que están en el grupo sexualmente activo para prestarles especial atención. Se debe tener un buen sistema de registro, que sea simple y efectivo, para predecir cuando tendrá el próximo estro y vigilar más estrechamente el animal. También sirve para detectar vacas problemas con celos irregulares o frecuentes, para que sea revisada por un profesional veterinario.

Los principales factores que dificultan la detección de celo incluyen, que la mayoría de los celos comienzan en la noche (entre la 18:00 y 6:00; McDonald, 1991) y los celos cortos o débiles. Las vacas son detectadas erróneamente en celo, debido a la mala identificación de los animales o a una incorrecta interpretación de los signos. La pasividad a la monta, único signo a tener en cuenta como indicador de celo, es una manifestación muy breve y no se presenta en forma permanente.

Métodos auxiliares y/o complementarios a la observación visual

Las ayudas a la detección pueden ser clasificadas en:

- Métodos detectores de pasividad a 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.

4.4.2. Métodos detectores de pasividad a la monta

Este grupo de ayuda cuenta con la ventaja de basarse en el único indicador específico del celo (reflejo de pasividad) lo que les otorga una mayor exactitud.

Pintar la base de la cola

Este método está basado en pintar una franja de 20 a 30 cm de largo por 5 cm de ancho en la base de la cola. Con las sucesivas montas que recibe el animal pierde gradualmente la pintura evidenciando la pasividad a la monta. El punto crítico de este método es aprender que grado de pintura es compatible con el celo ya que se producen falsos positivos, por animales que son montados moviéndose, o apretados en caminos o sala de ordeño y espera.

Dispositivos detectores de la presión de monta

Estos dispositivos son sensibles a la presión de la monta que se colocan en la base de la cola de la hembra. Estos sensores indican la ocurrencia de la monta a través de:

- cambio de color del dispositivo
- cambio de color del dispositivo y emisión de luz
- emisión de señal de radiofrecuencia a una computadora

La desventaja de estos dispositivos son los falsos positivos, por animales que son montados moviéndose, o apretados en caminos o sala de ordeño y espera.

Animales Detectores

Pueden utilizarse toros, novillos y hembras androgenizadas o estrogenizadas. Los animales seleccionados deben tener adecuado estado sanitario general y genital (especialmente en aquellos que realicen intromisión de pene), además de una excelente libido (natural o inducida). Los toros preparados quirúrgicamente ya sea vasectomizados o con desviación del pene presentan la ventaja de conservar la libido y la desventaja de ser más agresivos y poder ocasionar injurias tanto a los animales como al personal. Los toros con desviación de pene frente a los vasectomizados no actúan como transmisores de enfermedades venéreas ya que no realizan la cópula (Peters y Ball, 1991).

Se les puede colocar un bozal marcador (chin ball) que tiene en su parte inferior un recipiente con tinta que al ser presionado sobre el lomo de la vaca pinta una franja (Marcantonio, 2003).

En algunas granjas se han utilizado caballos o cabras para detectar las vacas en estro.

Sin embargo los perros son los únicos animales capaces de detectar, con cierta exactitud, el celo de las vacas por el olor de las secreciones vaginales (Peters y Ball, 1991).

Televisión en circuito cerrado

Los animales que van a presentar estro pueden ser confinadas en un recinto relativamente pequeño, las películas o videos pueden ser eficaces para la detección de animales en celo. Las actividades que se desarrollan durante la noche, pueden ser vistas en el día, a alta velocidad y aminorar en el momento oportuno para identificar el animal de interés (Peters y Ball, 1991).

4.4.3. Métodos basados en la medición de la actividad física

Dispositivos automatizados detectores del incremento de actividad.

Una vaca en estro tiende a ser más activa de lo normal, en este campo se utilizan dos tipos de dispositivos:

- podómetros, que miden y registran automáticamente la cantidad de pasos.
- collares, que miden y registran los movimientos de cuello.

Cuando la vaca entra a la sala de ordeño, la computadora automáticamente lee y registra la cantidad de movimientos del animal en el período de tiempo comprendido entre los ordeños. Este dato es comparado con los datos propios de los días anteriores y los del rodeo. Existen equipos más sofisticados que toman en cuenta producción de leche, conductividad de la leche, nivel de consumo y fecha del último celo o parto. La exactitud es extremadamente variable ya que cualquier animal miembro del grupo sexualmente activo incrementa su actividad (Marcantonio, 1998).

4.4.4. Métodos detectores de cambios no visuales

Cambios a nivel cérvico-vaginal.

Durante el estro hay un aumento del volumen y del contenido iónico del moco vaginal. Existen diferentes métodos basados en los cambios que ocurren a nivel cérvico-vaginal a lo largo del ciclo estral. Dentro de este grupo se encuentran:

- Medición del contenido de materia seca del mucus.
- Prueba de cristalización o del helecho.
- Medición de la resistencia eléctrica vaginal.

Se caracterizan por tener alta exactitud, pero con gran variación entre y dentro de las vacas ya que los cambios ocurren gradualmente durante el periestro por lo que se producen desde 24 a 36 horas antes del celo y hasta 24 a 36 horas después. Por esta misma razón la medición debe ser realizada diariamente y en todos los animales. Resulta un trabajo incómodo, difícil y de un alto riesgo higiénico. Además los estudios demostraron una gran variación en la conductibilidad eléctrica entre y dentro de las vacas, dando como resultado tanto falsos positivos como falsos negativos (Elving y col., 1983; Lehrer y col., 1995).

Cambios en la temperatura corporal o de leche

Estos métodos se basan en medir el aumento de temperatura que coincide con el estro. Se han demostrado que es posible detectar los cambios de temperatura, relacionados con el estro, en la leche, utilizando sensores colocados en las pezoneras de la ordeñadora mecánica, o a través de sensores implantados bajo la oreja o bajo la piel. Estos cambios son muy pequeños comparados con las fluctuaciones normales, o patológicas de temperatura entre y dentro de los mismos animales, por lo que no son un signo específico del estro, con lo que su utilidad ha sido muy cuestionada como método para detectar estro. Las medidas electrónicas tan seguras, junto a análisis juiciosos de los datos aumentarán la posibilidad de utilizarlos como una ayuda a la detección del estro (Peters y Ball, 1991).

Detección de progesterona

Otra alternativa de ayuda es la medición de la concentración de progesterona en sangre o leche, basándose en que comienza a descender 2 o 3 días antes y se mantiene baja por 6 días después de la ovulación (Dieleman y col., 1986). Si los valores son altos estamos seguros que no está en celo, pero si son bajos no podemos asegurar que está en celo, ya que estos bajan por 5 a 6 días.

4.4.5. Métodos basados en el control del ciclo estral

La utilización de programas de control del ciclo estral, efectuados mediante el uso de hormonas, simplifica o elimina, en caso de inseminación artificial a tiempo fijo, el problema de detección de celos. Varios estudios realizados no encontraron diferencias en la duración, ni en comportamiento entre celos en vacas sincronizados y no sincronizados (Walker y col., 1996; Taras y Spahr, 2001).

4.5. EVALUACIÓN DE LA DETECCIÓN DE CELO

Para evaluar la detección de celos existen varios índices, que ayudan en el análisis para una mayor eficiencia reproductiva. Estos son:

- **Porcentaje de detección de celos:** es el porcentaje de animales servidos en 21 días sobre el total de animales ofrecidos al comienzo del servicio
- **Eficiencia de la detección de celos:** es el porcentaje de vacas en estro que son detectadas en celo.
- **Precisión o eficiencia de la detección de celos:** es el porcentaje de vacas detectadas en celo que realmente están en estro

La eficiencia de la detección de celos también se puede estimar mediante los intervalos interestrales, los cuales también se clasifican dentro de determinados rangos, sobre esta base una buena eficiencia estaría dada por una relación 7:1 entre intervalos normales (17 a 24 días) y anormales, sean éstos más cortos (menos de 17 días) o más largos (25 a 35 días, 36 a 48 días, o más de 48 días) (Esslemont, 1992).

También se puede calcular la eficiencia del rodeo dividiendo 21 entre el promedio de todos los intervalos interestrales de un rodeo en un período determinado y multiplicándolo por 100 (Esslemont, 1992).

Otra prueba para evaluar la eficiencia de detección es la “prueba de los 24 días”. Esta consiste en elaborar una lista con todas las vacas que cumplan con los siguientes criterios: que tengan más de 45 días de paridas al inicio de la prueba, que no hayan sido servidas, y que presenten actividad ovárica en la palpación rectal. Asumiendo que la ocurrencia de celos tiene una distribución normal, de aproximadamente 21 días, el objetivo de la prueba es detectar el 90% de los animales en celo en los 24 días.

En una población de animales sexualmente activa, con una distribución normal del ciclo estral, la frecuencia de celos oscila entre un 3% y un 4% diario (Smalley, 1981).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. CRITERIOS DE COMPORTAMIENTO UTILIZADOS

Registros

Las actividades a evaluar fueron elaboradas en base a consultas realizadas con investigadores del área (Carlos Galina, México y Frank Van Eedenburg, Holanda; comunicaciones personales 2005 y 2006) y las definiciones se presentan en el Cuadro II. Se destacan actividades “activas” (el animal realiza la actividad) y “pasivas” (el animal recibe la actividad). Todas las actividades (topeteo, flehmen, inquietud, olfateo de vulva, apoyo de mentón, montas no aceptadas o moviéndose, montas por la cabeza, montas aceptadas y descarga vaginal) fueron registrados en las planillas individuales, detallando tanto los aspectos de antecedentes, examen clínico general, examen ginecológico, eExamen ultrasonográfico y examen de comportamiento individual.

Cuadro II. Definición de las actividades de comportamiento evaluadas.

Actividad	Definición
Topeteo	Se considera cuando las vacas se golpean o encuentran cabeza contra cabeza, en este comportamiento se registran sólo vacas como activas.
Flehmen	Esta actitud se observa cuando el animal retrae su labio superior, olfateando al viento. Este comportamiento involucra a un solo animal y se registra de forma individual.
Inquietud	Se observa a un animal inquieto cuando este camina constantemente, muge, dejando de alimentarse mientras los demás animales están en sus actividades diarias (rumia, descanso, y pastoreo), formando el grupo sexualmente activo. Es un comportamiento registrado en forma individual.
Olfateo de vulva	Consiste en que uno de los animales le huele la vulva al otro. Aquí se observa un comportamiento de dos o más animales, en donde la vaca que olfatea es activa y la que es olfateada es la pasiva.
Apoyo de mentón	Comportamiento en el cual se observa que un animal apoya su mentón (animal activo) por escasos segundos sobre el lomo o grupa de otro (animal pasivo).
Monta a otras	Se considera al animal activo (el que realiza el esfuerzo de montar) de 2 tipos de actividades, aceptación de monta y montada moviéndose.
Montada moviéndose	Comportamiento donde interesa el animal pasivo. Un animal (animal activo) monta a otro el cual no acepta la monta y se mueve (animal pasivo). Esta observación también puede verse con los animales caminando juntos, uno arriba del otro.
Monta por la cabeza	Cuando un animal (el activo) monta a otro (pasivo) al revés, es decir con sus manos por sobre la cabeza y cuello del otro.
Aceptación de la monta	Este comportamiento involucra al animal que está en celo y permanece pasivo por más de 2 segundos a la monta de otro, considerado como activo.
Descarga vaginal	Este signo físico de celo consiste en una descarga de mucus cervical a través de la vulva. Generalmente es límpido, transparente, similar a clara de huevo.

5.2. DISEÑO 1

Duración y comportamiento de celo y momento de ovulación en vaquillonas en sistema pastoril

Diseño experimental

El trabajo fue realizado en el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA La Estanzuela), situado en el departamento de Colonia, ruta 50, Km. 11, en el mes de marzo del 2005 (otoño). Se utilizaron un total de 15 vaquillonas de raza Holando de 22.8 ± 5.2 meses de edad con una condición corporal de 3.5 ± 0.3 (escala de 1 a 5; Edmonson y col., 1989) (media \pm EEM). La condición corporal fue evaluada por un solo observador tomando los criterios de desarrollo corporal, grado de engrasamiento a nivel de grupa e inserción de cola. Los animales tenían un peso vivo de 383 ± 42 Kg. Las vaquillonas antes de comenzar el estudio pastaban en campo natural y praderas. Al comienzo del estudio, los animales pasaron a una alimentación en base a una pradera de 4 años, fardos de pradera y 5 Kg de ensilaje de maíz de planta entera (base húmeda). Se les realizó un examen ginecológico previo para eliminar aquellas con anomalías y para confirmar actividad ovárica (presencia de cuerpo lúteo y/o folículos de más de 10 mm). A las seleccionadas se le realizaron dos aplicaciones de un análogo de prostaglandina $F_{2\alpha}$ (D-cloprostenol, Dalmaprost®, Laboratorio Fatro, Uruguay) con una dosis de 400 μ g con un intervalo de 14 días.

Metodología

1. Selección de animales

Se seleccionaron 15 vaquillonas ciclando, se le realizó un examen ginecológico.

2. Inicio del tratamiento

- ✓ Día menos 16: Inyección de la primera dosis de prostaglandina ($PGF_{2\alpha}$) y muestra de sangre.
- ✓ Día menos 2: Inyección de la segunda dosis de $PGF_{2\alpha}$, ultrasonografía y ubicación de los animales en el corral donde se realizó la observación de conducta.

3. Manejo de los animales

- ✓ Al dar la segunda $PGF_{2\alpha}$, se les asignó un número correlativo 1 al 15, el cual se pintó en ambos flancos de las vaquillonas con pintura especial para su fácil identificación a distancia.
- ✓ Los animales fueron mantenidos sobre pastura, en un piquete de $\frac{1}{4}$ de hectárea con iluminación nocturna (en penumbra), provista por un foco de mercurio de 400 W y fueron suplementados con fardos de pradera *ad libitum*, y ensilaje de maíz durante el período de observación, que se daba diariamente a las 9:00 am.
- ✓ A partir del comienzo de los signos de celo y cada 6 horas se realizó una ultrasonografía ovárica transrectal para determinar la ovulación hasta el día 6 (fin del ensayo). Luego de eso, las vaquillonas pasaron a la pastura asignada, donde se les continuó sacando una muestra de sangre diaria para determinar el perfil de progesterona del ciclo estral inducido.

4. Detección de celo

A partir del día -2 se comenzó la detección de celos para finalizarla el día 6 incluido. Esta se realizó por observación a distancia de forma de no distorsionar el comportamiento normal. Para esto se empleó binoculares convencionales y un visor nocturno infrarrojo (Bushnell 4.3 * 66), recabando todas las actividades sobre el comportamiento sexual de dichos animales. En la noche se utilizaba un foco a batería para ver el número de los animales en el caso de duda. La misma se realizó de manera continua por tres grupos de 3 personas cada uno, que realizaron turnos de 8 horas. Dos personas realizaron la detección de celo (una observaba y la otra registraba los eventos en una planilla especialmente diseñada a tales efectos) y la tercer persona se ocupa del manejo de los animales.

Se define el estro como el periodo de aceptación de montas, por lo que se tomó como fecha de inicio del celo cuando la vaca aceptaba la primera monta sin moverse y el fin del celo como la última monta aceptada. Se define como proestro el período entre el comienzo de las actividades y hasta la primera monta aceptada y metaestro al período siguiente a la última monta aceptada y hasta el fin de las actividades. Se toma como ovulación silente a aquellas vacas que ovulan (confirmados por ultrasonografía) sin aceptar montas. La intensidad de estro se define como el cociente entre número de montas aceptadas y la duración del estro. La hora o el momento de ovulación es considerado como la primera ecografía en la que el folículo desaparece menos 3 horas (las ecografías se realizaron cada 6 horas).

5. Ultrasonografía

Se realizaron ecografías ováricas, al momento de las inyecciones de las $PGF_{2\alpha}$ y luego de comenzado el celo cada 6 horas hasta confirmar ovulación. Durante la ultrasonografía no se manipuló ni se palpó el útero. Se utilizó un equipo ALOKA SSO 500 con transductor de 5.0 MHz.

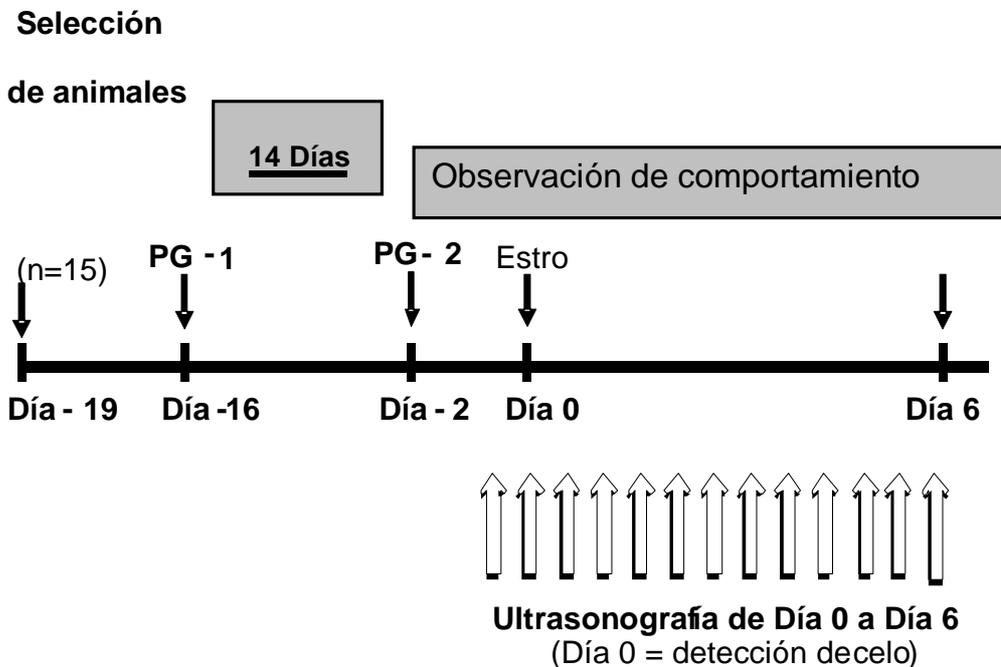


Figura 3. Esquema del protocolo del estudio de comportamiento de celo en vaquillonas (diseño 1)

5.3. DISEÑO 2

Duración y comportamiento de celo y momento de ovulación en vacas en producción en sistema pastoril.

Diseño experimental

El trabajo fue realizado en el Instituto Nacional de Investigación Agropecuario (INIA La Estanzuela), situado en el departamento de Colonia, ruta 50, Km. 11, en el mes de marzo del 2005 (otoño). Se utilizaron un total de 33 vacas de raza Holando de 53.5 ± 1.1 meses de edad en producción con promedio de leche diario 16 ± 3 litros. Los animales tenían un peso vivo de 568 ± 55 Kg con una condición corporal de 3.0 ± 0.5 (escala de 1 a 5; Edmonson y col., 1989) (media \pm EEM). Esta fue evaluada por un solo observador tomando los criterios de desarrollo corporal, grado de engrasamiento a nivel de grupa e inserción de cola. Las vacas antes de comenzar el estudio pastaban en praderas y consumían silo de maíz junto al rodeo del tambo. Al comienzo del estudio, los animales pasaron a una alimentación en base a una pradera de 4 años, fardos de pradera y ensilaje de maíz planta entera (12 Kg base húmeda por animal). A las cuales se les realizó un previo examen ginecológico para eliminar aquellas con anomalías y para confirmar actividad ovárica (presencia de cuerpo lúteo y/o folículos de más de 10 mm). A las seleccionadas se le realizaron dos aplicaciones de un análogo de prostaglandina $F_{2\alpha}$ (D-cloprostenol, Dalmaprost®, Laboratorio Fatro, Uruguay) con una dosis de 800 μ g con un intervalo de 14 días.

Metodología

1. Selección de animales

Se realizó un diagnóstico ginecológico el día menos 18, luego del cual se seleccionaron 33 vacas vacías y ciclando con más de 2 partos. De las cuales 17 eran de entre 75 y 180 días de lactancia, (con 1 solo celo visto). Y 16 vacas repetidoras, que luego de 4 servicios continuaban vacías, de entre 160 y 280 días de lactancia. Las vacas con 1 celo promedian 165 ± 65 días y las repetidoras 230 ± 76 días de lactancia.

2. Inicio del tratamiento

- ✓ Día menos 16: Inyección de la primera dosis de prostaglandina ($PGF_{2\alpha}$) y muestra de sangre.
- ✓ Día menos 2: Inyección de la segunda dosis de $PGF_{2\alpha}$, muestra de sangre, ultrasonografía transrectal y separación de los animales del lote de ordeño.

3. Manejo de los animales

- ✓ Al dar la segunda $PGF_{2\alpha}$, se les asignó un número correlativo del 1 al 33 el cual se pintó en el flanco de los animales con pintura especial para su fácil identificación a distancia.
- ✓ Los animales fueron mantenidos sobre pastura, en un piquete de $\frac{1}{4}$ de hectárea con iluminación nocturna (en penumbra), provista por un foco de mercurio de 400 W y la alimentación consistió en 12 Kg de ensilaje de maíz planta entera, fardos de pradera *ad lib* y 6 Kg/día de concentrado comercial que se administraba durante el ordeño.
- ✓ Los ordeños se realizaron en los horarios habituales (4:00 y 16:00 horas).
- ✓ A partir del comienzo de los signos de celo y cada 6 horas se realizó una ecografía transrectal hasta el día 6 (fin del ensayo).

4. Detección de celo

A partir del día menos 2 (día de la segunda prostaglandina) se comenzó la detección y observación de celos hasta el día 6 inclusive. Esta se realizaba a distancia de forma de no distorsionar el normal comportamiento. Para esto se empleó binoculares convencionales y un visor nocturno infrarrojo (Bushnell 4.3 * 66), registrando todas las actividades sobre el comportamiento sexual de dichos animales. En la noche se utilizaba un foco a batería para ver el número de los animales en el caso de duda. La misma se realizó de manera continua por grupos de 3 personas que realizaron turnos de 8 horas. Dos personas realizaron la detección de celo (una observaba y la otra anotaba en una planilla designada especialmente) y la tercer persona se ocupaba del manejo de los animales.

Se define el estro como el periodo de aceptación de montas, por lo que se tomó como fecha de inicio del celo cuando la vaca aceptaba la primera monta sin moverse y el fin del celo como la última monta aceptada. Se define como proestro el período entre el comienzo de las actividades y hasta la primera monta aceptada y metaestro al periodo siguiente a la última monta aceptada y hasta el fin de las actividades. Se toma como ovulación silente a aquellas vacas que ovulan (confirmada por ultrasonografía) sin aceptar montas. La intensidad de estro se define como el número de montas aceptadas dividida por su duración (montas/hora). No se tomaron en cuenta las montas que se realizaban en la sala de espera y durante el ordeño. El ordeño se realizaba 2 veces por día a las 4:00 y 16:00 horas. La hora o el momento de ovulación es considerado como la primera ecografía en el que el foliculo desaparece menos 3 horas (las ecografías se realizaron cada 6 horas).

5. Ultrasonografía

Se realizarán ecografías ováricas, al momento de las inyecciones de las PG y luego de comenzado el celo cada 6 horas hasta confirmar ovulación. Durante la ultrasonografía no se manipuló y ni se palpó el útero. Se utilizó un equipo ALOKA SSO 500 con transductor de 5.0 MHz.

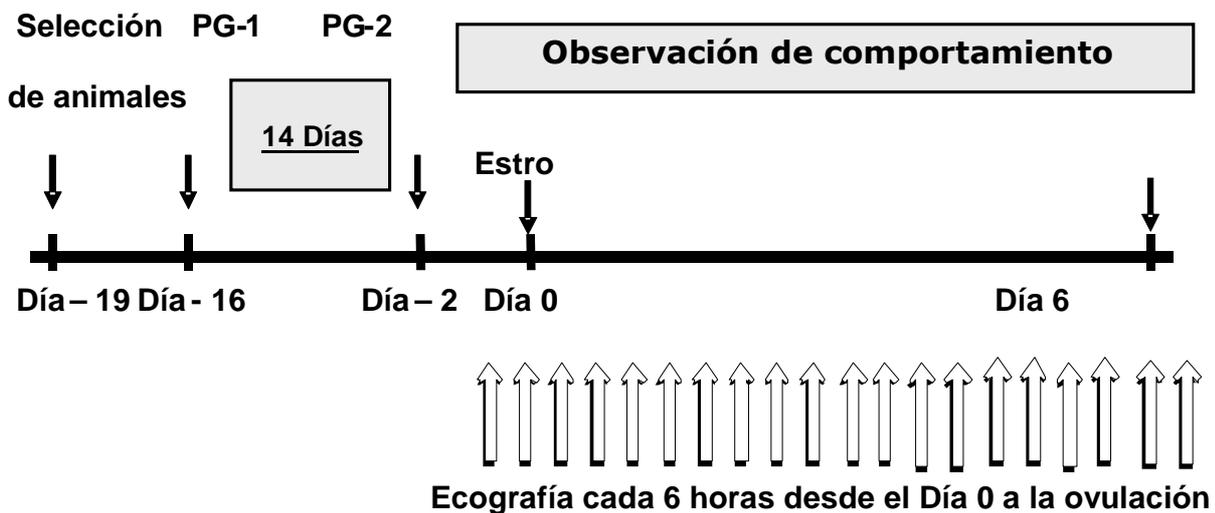


Figura 4. Esquema del protocolo del estudio de comportamiento de celo en vacas en ordeño (Diseño 2)

5.4. Análisis estadístico

La dinámica folicular se analizó por el método Proc Mixed de SAS (Statistical Analysis System, etc). El número y porcentaje de actividades por hora fue analizado por el Proc Freq de SAS y las diferencias estimadas por chi cuadrado.

6. RESULTADOS

6.1. RESULTADOS DE LA SINCRONIZACIÓN

De las 15 vaquillonas sincronizadas, 12 (80%) manifestaron celo y fueron registradas todas sus actividades. De 33 vacas sincronizadas, sólo 17 (52%) manifestaron celo, de las cuales 16 vacas ovularon, 15 habiendo manifestado celo y 1 en forma silenciosa.

6.2. CARÁCTERÍSTICAS DEL CELO

6.2.1. Vaquillonas

Para el análisis de los datos fueron excluidas 2 vaquillonas que habiendo demostrado celo, una aceptó una sola monta y la otra tuvo un celo de más de 41 horas con un comportamiento atípico, debido a la presencia de un quiste folicular.

De las 15 totales ovularon 14 vaquillonas, dos de ellas sin demostrar celo (ovulación silenciosa).

La duración del celo, considerada como el período de aceptación de montas, fue de 9.9 ± 1.8 horas, con un máximo de 17.73 horas y un mínimo de 2.33 horas.

El número promedio de montas fue de 48.2 ± 13.4 . La intensidad de montas, calculada como número de montas por hora, promedió 5.6 ± 0.8 con un máximo de 9.4 y un mínimo de 0.5.

De las 12 vaquillonas, un 25% aceptó su primer monta (inicio el celo) entre 0:00 y 6:00, un 42% entre 6:00 y 12:00, un 25% entre 12:00 y 18:00 y un 8 % entre las 18:00 y 24:00 horas.

La duración promedio entre la primer monta (inicio del estro) y el momento de ovulación fue de 29.1 ± 3.9 horas y entre la última monta aceptada (o fin del celo) y la ovulación de 19.3 ± 3.9 horas.

6.2.2. Vacas

Para la descripción de comportamiento estral no fueron tenidas en cuenta 2 vacas por tener celos atípicos (mayores de 49 horas).

La duración promedio de celo fue de 13.5 ± 2.0 horas con un máximo de 31.7 y un mínimo de 4.7 horas.

El número de montas aceptadas por animal varió entre 4 y 61, con un promedio de 26.8 ± 3.6 .

La intensidad promedio de montas por hora fue 2.5 ± 0.5 con una variación entre 0.5 y 8.1 montas/hora.

La distribución de la primer monta o inicio de celo fue de: 39% entre 0:00 y 6:00, 47% 6:00 y 12:00, 5% entre 12:00 y 18:00 y 9% entre 18:00 y 24:00 horas.

La duración promedio entre la primer monta y el momento de ovulación fue de 26.9 ± 3.7 horas con una variación de 3.2 a 58.7 horas y entre última monta y ovulación 12.7 ± 2.6 horas con una variación de 2.1 antes de la ultima monta y 30.9 después de la ultima monta.

El Cuadro III resume las principales características de duración de celo, momento de la ovulación y comportamiento de celo en vaquillonas y vacas.

Cuadro III. Características del celo y sus manifestaciones en vaquillonas y vacas¹

Parámetro	Vaquillonas	Vacas
Duración de celo (horas)	9.9±1.8	13.5±2.0
Inicio de celo a ovulación (horas)	29.1±3.9	26.9±3.7
Fin de celo a ovulación (horas)	19.3±3.9	12.7±2.6
Promedio de montas aceptadas	48.2±13.4	26.8±3.6
Intensidad de montas ²	5.6±0.8	2.5±0.5

¹: Media±EEM (Error Estándar de la Media)

²: Montas por hora

6.2.3. Hora de comienzo del celo

La hora de comienzo del celo (momento en que aceptó la primer monta) fue distinta en los diferentes momentos del día. En las vacas hay una tendencia a comenzar entre las 0:00 y las 12:00. En las vaquillonas la tendencia es más larga comenzando entre las 0:00 y las 18:00. (Figura 5).

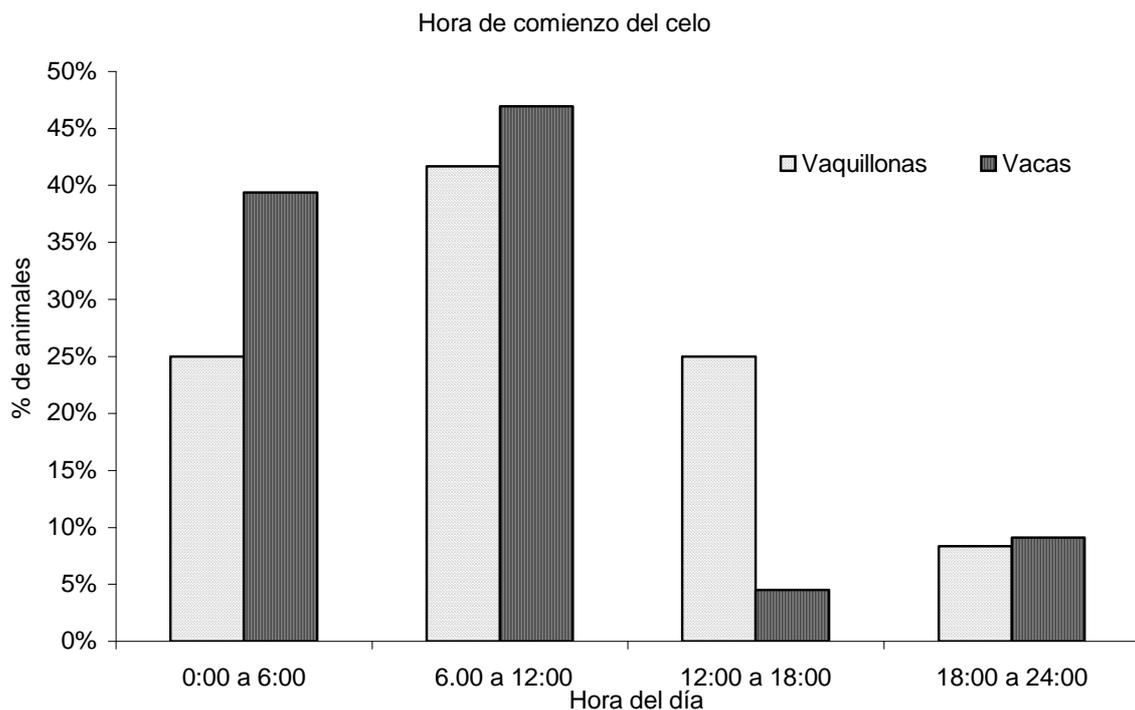


Figura 5: Momento en el día en que comienza el celo (primer monta aceptada) en vacas y vaquillonas

6.2.4. Dinámica folicular

Al momento de la segunda prostaglandina (día -2) el diametro promedio del folículo dominante en las vaquillonas fue de 16.4±0.7 mm y previo a la ovulación el folículo

dominante aumentó a 17.0 ± 1.0 mm. En las vacas el folículo dominante al momento de la segunda dosis de $\text{PGF}_{2\alpha}$ midió 16.6 ± 0.7 mm aumentando de tamaño en forma significativa ($P < 0.05$) previo a la ovulación (17.6 ± 1.0 mm) (Figura 6).

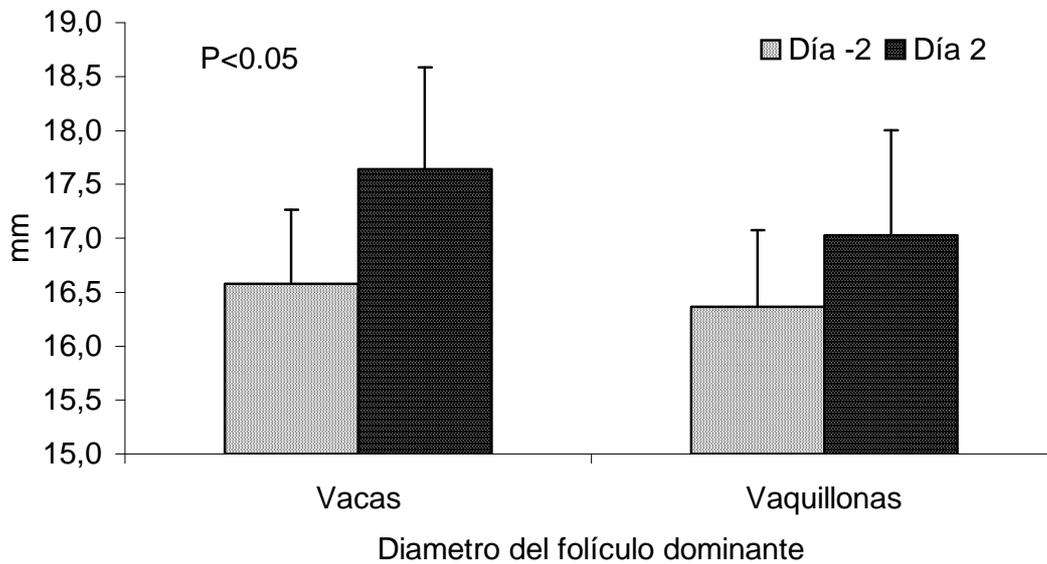


Figura 6: Diámetro promedio del folículo dominante (mm) al tratamiento con $\text{PGF}_{2\alpha}$ (día -2) y previo a la ovulación en vacas y vaquillonas.

6.3. COMPORTAMIENTO ESTRAL

El comportamiento estral se determinó registrándose los comportamientos definidos anteriormente. Debido a que las hembras fueron sincronizadas y todas ellas estaban en proestro al comienzo del período de observación, la conducta inquietud no fue analizada ya que todas las hembras mostraban esta conducta al comienzo del período de observación. La descarga vaginal fue observada solo en algunos animales, durante el estro y metaestro, principalmente cuando montaban a otras vacas. Esta conducta no fue analizada por haber pocos registros. El promedio del total de conductas observadas por todos los animales, incluyendo las etapas de proestro, estro y metaestro, se muestra en la Figura 7.

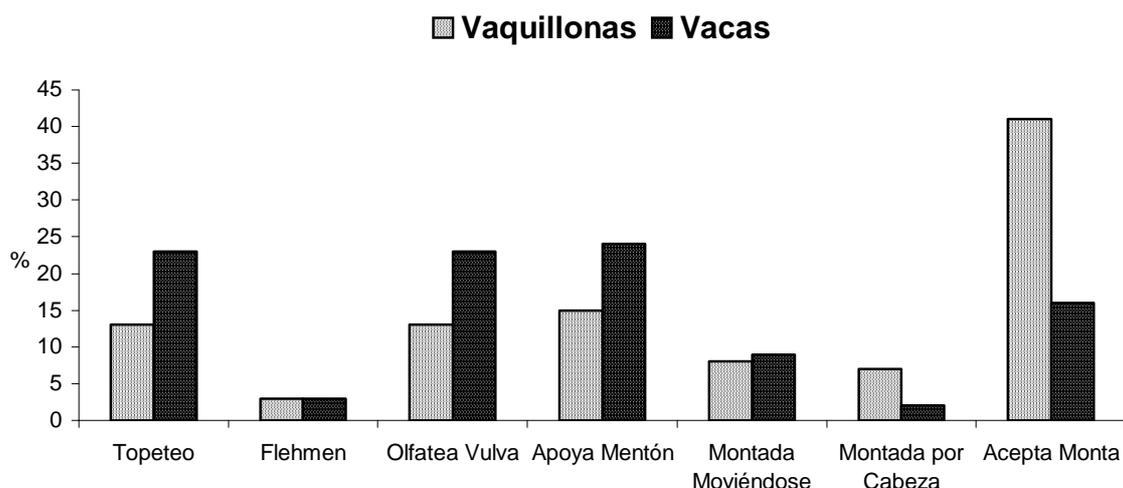


Figura 7: Porcentaje de las distintas actividades registradas en vacas y vaquillonas

6.3.1. Actividades a lo largo del día

En las vaquillonas, las actividades no se desarrollaron con igual intensidad a lo largo de día sino que tuvieron variaciones (Figuras 8). En términos generales se encontró una disminución del total de actividades y de montas aceptadas entre las 18:00 horas y las 02:00 horas, con una disminución adicional hacia el fin de la mañana que coincidió con el momento en que se les daba el ensilaje (9:00 am). En el tercer día de observación, entre las 20:06 y las 1:55 horas, fue registrada una tormenta eléctrica durante la cual las vaquillonas no realizaron ninguna actividad, a pesar de que 3 de ellas se encontraban en celo.

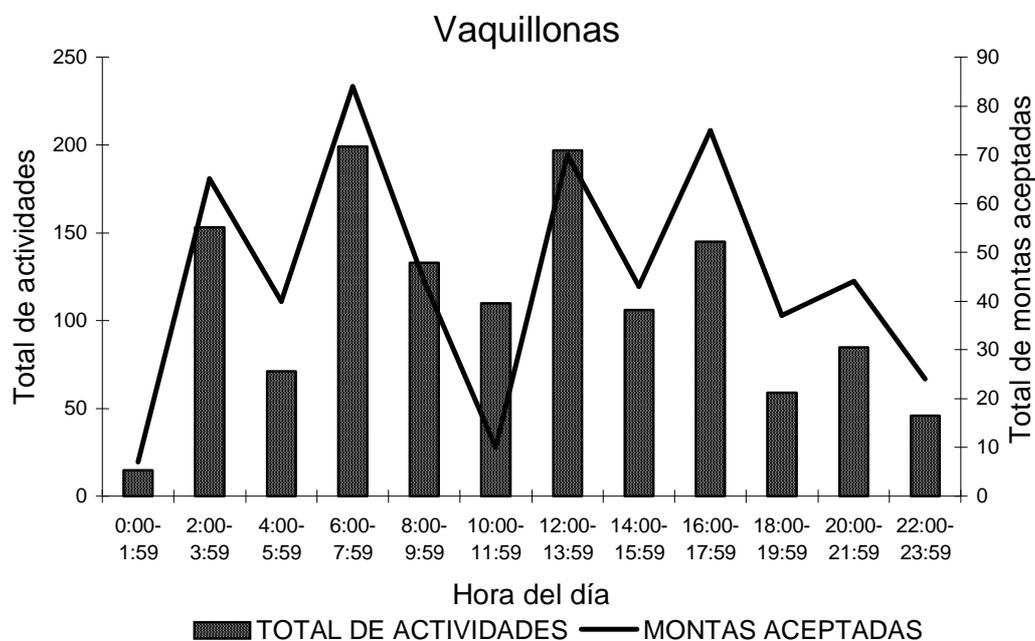


Figura 8: Suma de las diferentes actividades y número de montas aceptadas a lo largo del día en las vaquillonas

En la Figura 9 se comparan el total de actividades de las vacas a lo largo del día y las montas aceptadas. Una disminución tanto del total de actividades como de las montas aceptadas, se registró en coincidencia con los momentos de ordeño. Inmediatamente a cada ordeño, las vacas se dirigían a tomar agua y luego a los comederos donde se encontraba el ensilaje de maíz.

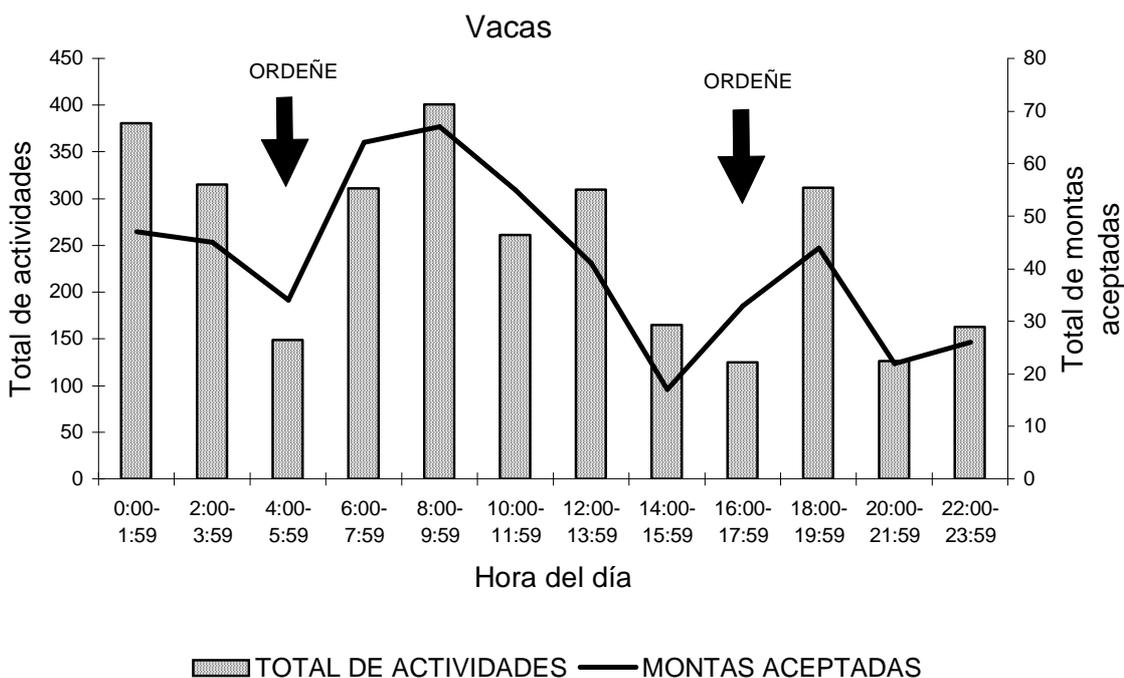


Figura 9: Suma de las diferentes actividades y número de montas aceptadas a lo largo del día en vacas

6.3.2. Actividades con respecto al celo

Las diferentes actividades fueron divididas en tres etapas del ciclo estral (proestro, estro y metaestro) calculando el porcentaje de actividades en cada etapa y el porcentaje de animales que realizaron por lo menos una vez la actividad en cada etapa.

Topeteo

En las vaquillonas, durante el proestro y estro el 100% hicieron al menos 1 topeteo, y en el metaestro lo hizo un 40%. En el estro fueron realizados el 55% del total de topeteos, en el proestro el 42% y en el metaestro un 3%.

En las vacas durante el estro todas se topetearon y durante el proestro y metaestro un 59% de los animales realizaron al menos 1 topeteo. El 90% de los topeteos realizados, por las vacas, fueron en el estro, un 5% durante el proestro y durante el metaestro se realizaron el 6% de los topeteos (Figura 10).

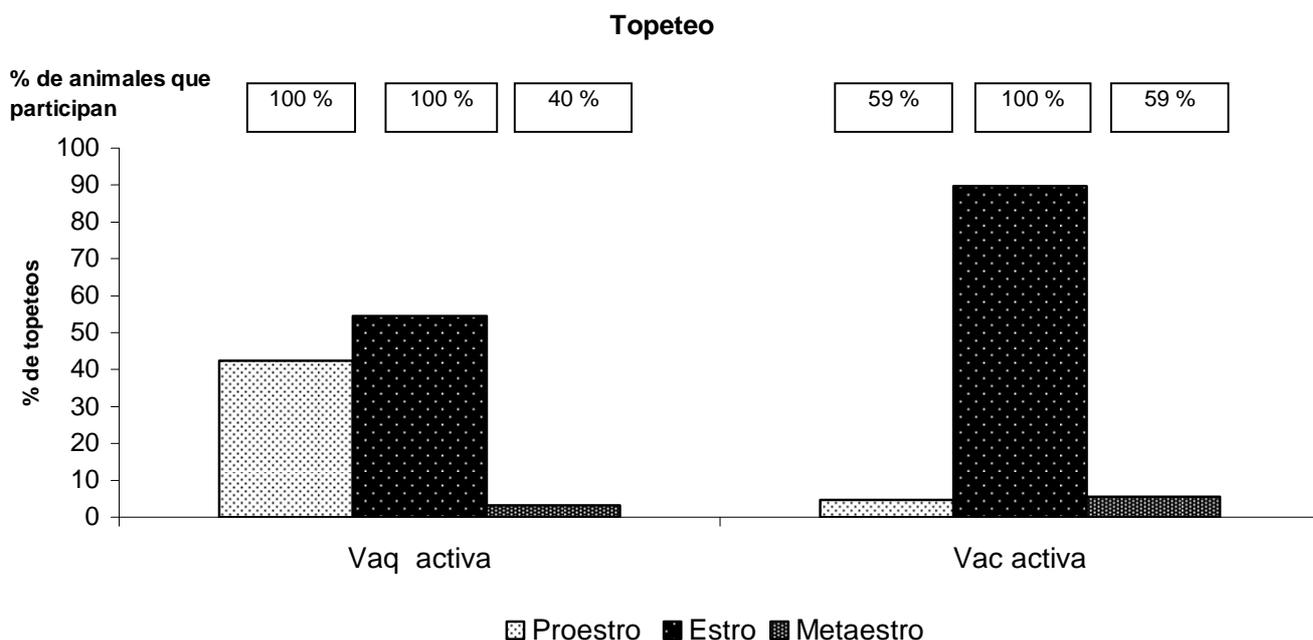


Figura 10: Porcentaje del total de topeteos realizados durante proestro, estro y metaestro, en vacas y vaquillonas y % de animales que demostraron la actividad al menos una vez

Flehmen

El 80% de las vaquillonas realizaron por lo menos 1 flehmen durante el proestro, durante el estro, un 30% de los animales y durante el metaestro un 10% de los animales.

El 59% de los flehmen realizadas por las vaquillonas fueron durante el proestro, el 38% durante el estro y un 3% durante el metaestro.

El 18% de las vacas realizaron al menos 1 flehmen durante el proestro, durante el estro el 71% de los animales y en el metaestro un 18%. Del total de los flehmen realizados por las vacas un 4% fue durante el proestro, el 89% durante el estro y un 8% durante el metaestro (Figura 11).

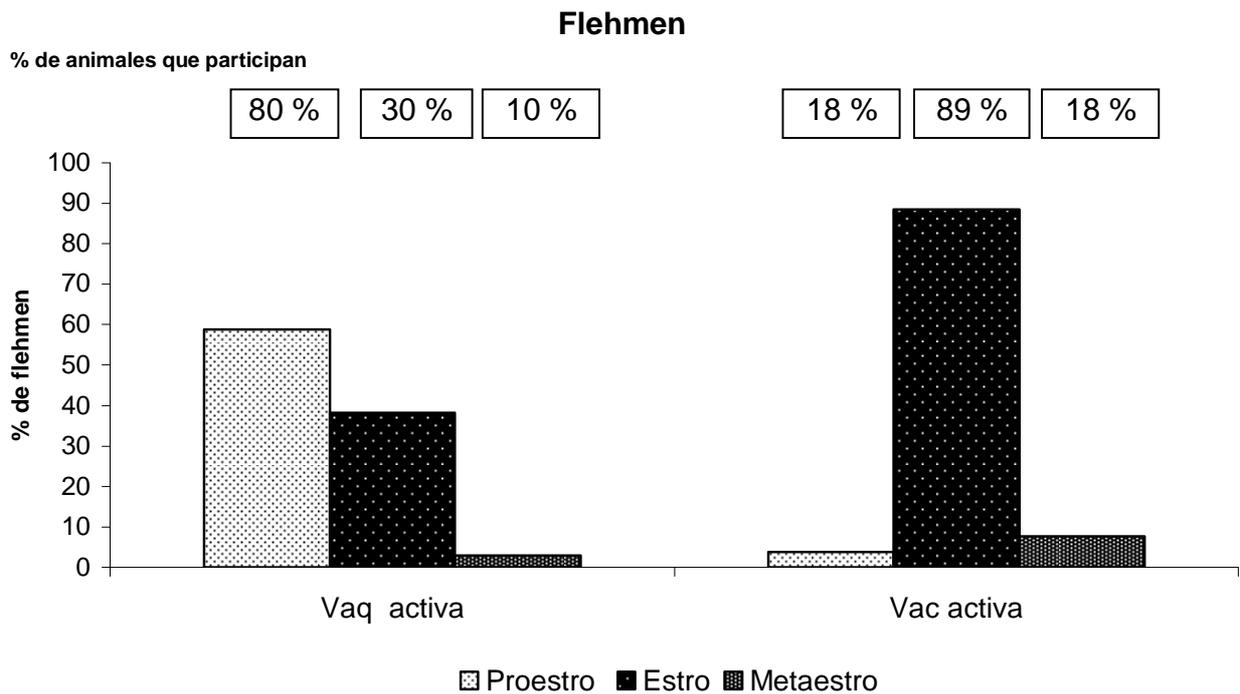


Figura 11: Porcentaje del total de flehmen realizado durante proestro, estro y metaestro, en vacas y vaquillonas y % de animales que demostraron la actividad al menos una vez

Olfateo de vulva

Como **activos** (el animal realiza la acción, en este caso ella olfatea a la compañera).

En el proestro todas olfatearon a otra vaquillona, durante su estro el 90% y durante el metaestro un 50%. Del total de olfateos realizados por las vaquillonas un 41% fue realizado en el proestro, un 49% durante el estro y un 10% durante el metaestro.

Todas las vacas olfatearon a 1 o más compañeras durante el estro, mientras que en el proestro el 53% olfateó y en el metaestro un 71%. El 90% de los olfateos fueron realizados durante el estro, en el proestro se realizó el 4% de las actividades y en el metaestro el 7% de los olfateos.

Como **pasiva** (le realizan la acción, en este caso le olfatean la vulva).

Durante el proestro todas las vaquillonas fueron olfateadas por una compañera, mientras que, durante el estro el 70% fueron olfateadas y sólo un 40% en el metaestro.

En las vacas el 47% fueron olfateadas en el proestro. Durante el estro fueron olfateadas todas las vacas, mientras que durante el metaestro fueron olfateadas el 65% (Figura 12).

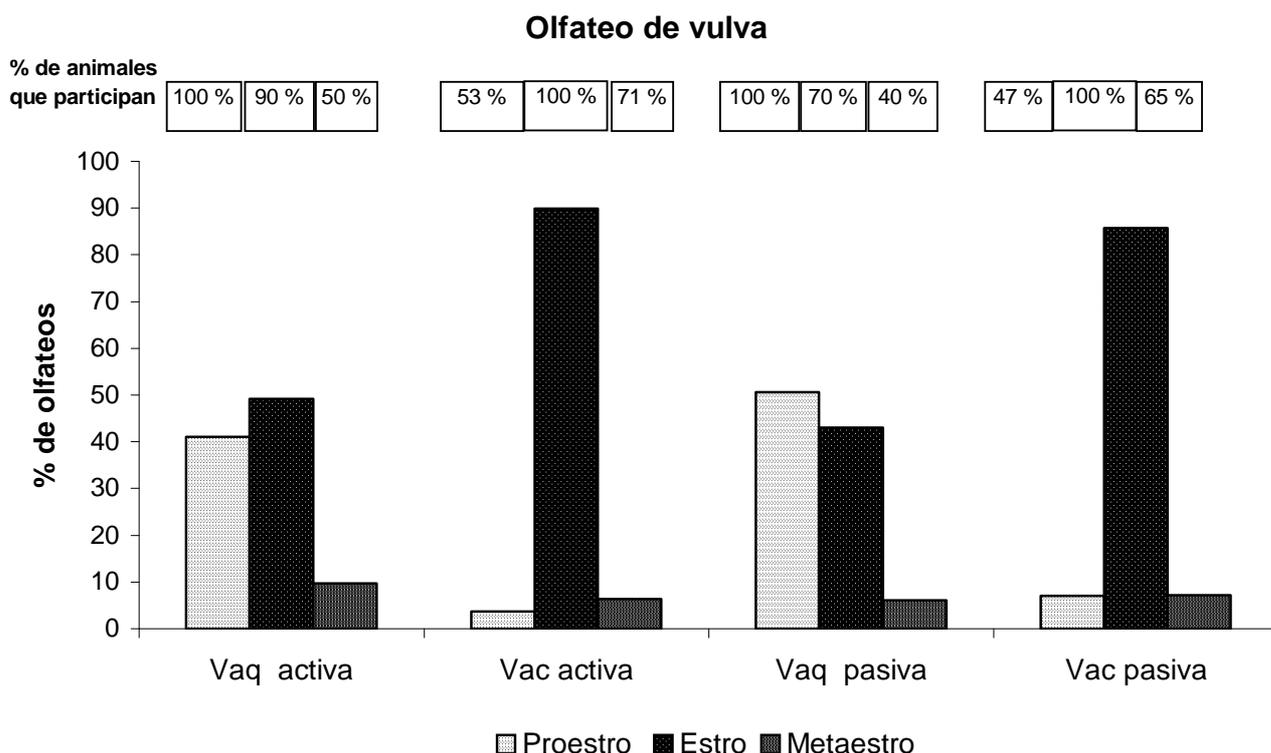


Figura 12: Porcentaje del total de olfateo de vulva, activas (olfatean) y pasivas (se dejan olfatear) durante proestro, estro y metaestro, en vacas y vaquillonas y % de animales que demostraron la actividad al menos una vez

Apoya mentón

Como **activos** (el animal realiza la acción)

Todas las vaquillonas apoyaron el mentón sobre otra vaquillonas cuando ellas se encontraban en proestro o estro y en metaestro un 20%. Durante el proestro fueron realizados un 43% de las actividades y un 54% la actividad en el estro respectivamente. En el metaestro se realizaron el 3% de las actividades de las vaquillonas.

Un 29% de las vacas apoyan el mentón en el proestro, durante el estro todas le apoyan el mentón a otras vacas y en el metaestro el 59%. El 92% de las observaciones fueron realizadas por vacas en estro, el 3% del total de observaciones por vacas en proestro y en el metaestro se realizan el 5%.

Como **pasiva** (al animal le realizan la acción)

Todas las vaquillonas dejaron que le apoyasen el mentón durante el proestro. Mientras que en el estro se dejaron el 70% y sólo un 40% en metaestro.

En el caso de las vacas todas permitieron el apoyo del mentón en estro, un 41% en proestro, y aun 59% en metaestro (Figura 13).

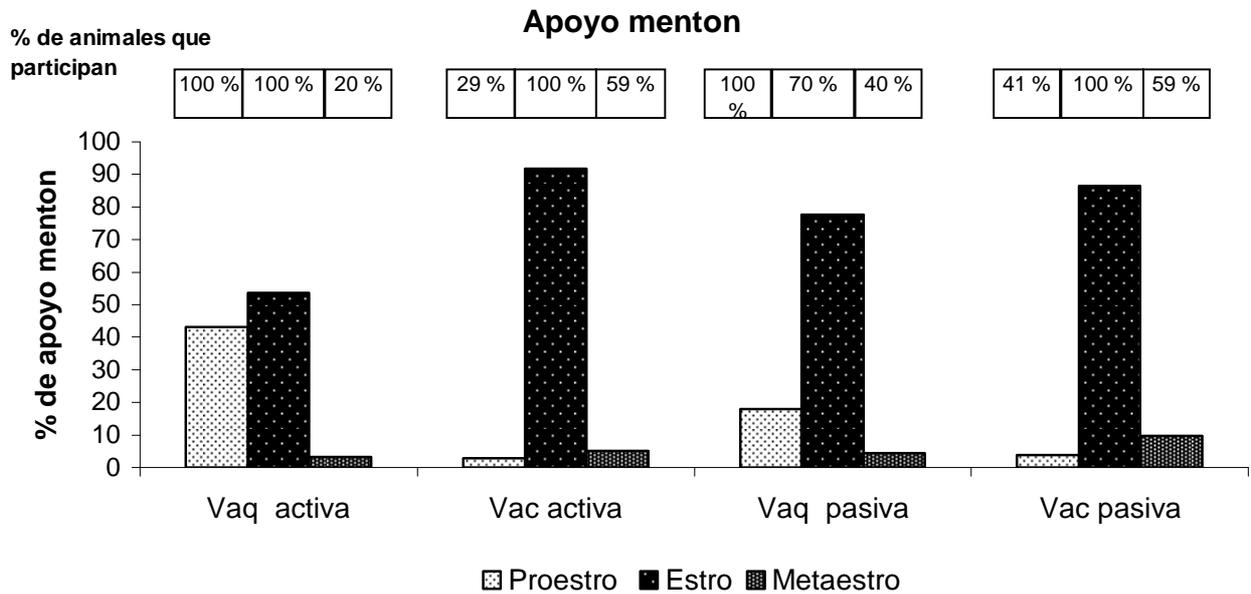


Figura 13: Porcentaje del total de apoyo de mentón, activas (apoyan) y pasivas (se dejan apoyar) durante proestro, estro y metaestro, en vacas y vaquillonas y % de animales que demostraron la actividad al menos una vez

Montas realizadas

Como activos (el animal realiza la acción)

Todas las vaquillonas en el proestro montaron otras vaquillonas, y sumaron el 37% del total de montas. Durante el estro, también montaron todas, aumentando su actividad produciendo el 59% de las montas, mientras que en el metaestro solo el 60% montó produciendo el 4% del total de montas realizadas.

En las vacas se da una concentración de las montas en el estro produciendo el 90% de las montas contra un 4% en el proestro y un 5% en el metaestro. Mientras que durante el estro todas las vacas montan a otras en el proestro un 41% y en el metaestro un 65% monta a las demás vacas.

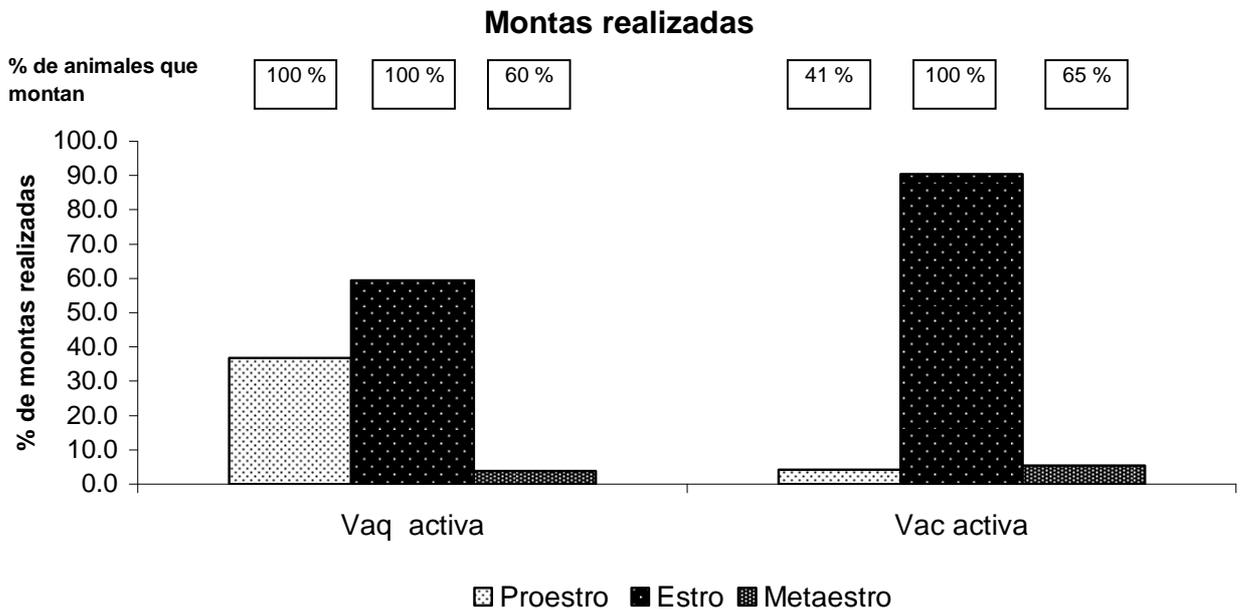


Figura 14: Porcentaje de montas, activas (montan) y pasivas (se dejan montar) durante proestro, estro y metaestro, en vacas y vaquillonas y % de animales que demostraron la actividad al menos una vez

Montas moviéndose o no aceptadas

Como pasiva (le realizan la acción)

Un 80% de las vaquillonas a pesar de estar en estro caminaron al ser montadas, mientras un 50% fueron montadas en movimiento durante el proestro, y un 40% después de haber finalizado el estro. El 65% de las montas moviéndose fueron realizadas a vaquillonas en estro, un 22% en proestro y un 13% en metaestro.

Mientras que en las vacas el 35% fueron montadas en el proestro, en el estro el 94% se movieron a pesar de haber aceptado alguna monta. Una vez finalizado el estro el 29% de las vacas fueron montadas en movimiento. El 84% de las montas moviéndose fueron realizadas a vacas en el estro, un 7% en proestro y un 9% en el metaestro (Figura 15).

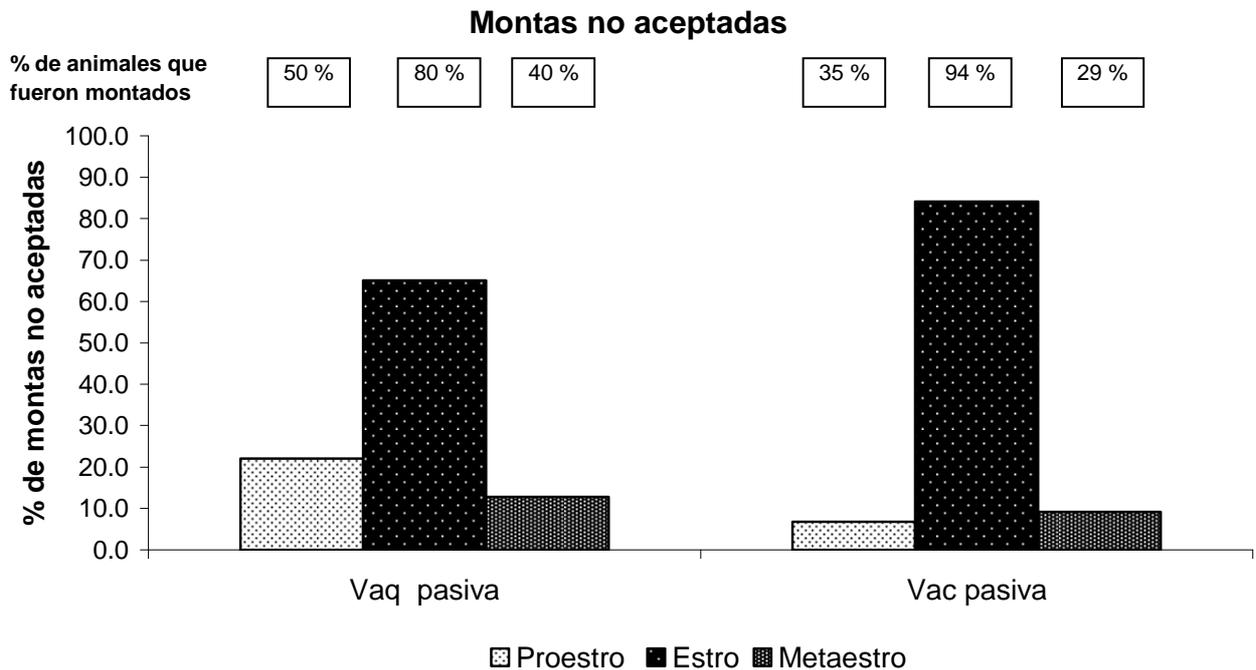


Figura 15: Porcentaje de montas en movimiento, activas (montan) y pasivas (se dejan montar) durante proestro, estro y metaestro, en vacas y vaquillonas y % de animales que demostraron la actividad al menos una vez

Montas por la cabeza

Como activos (el animal realiza la acción)

La primera monta por la cabeza, en las vaquillonas, se presentó 4 horas previo al inicio del estro, y todas las montas entre 4 horas previo y durante el celo (hasta su finalización). Distribuyéndose 12% de las montas en el proestro y 88% en el estro, siendo realizado por un 30% de las vaquillonas en el proestro y el 50% durante el estro.

En las vacas las montas las realizaron entre el inicio del celo y hasta 3 horas de finalizado el celo. Se produjeron el 98% de las montas en el estro y un 2% en el metaestro. De las vacas en estro el 65% montaron por la cabeza y en el metaestro un 6%.

Como pasiva (le realizan la acción)

Un 85% de las montas por la cabeza en las vaquillonas fueron durante el estro y un 15% en el proestro.

Mientras que la actividad monta por la cabeza en las vacas se distribuye: un 4% en el proestro, en el estro un 84% y en el metaestro un 12% (Figura 16).

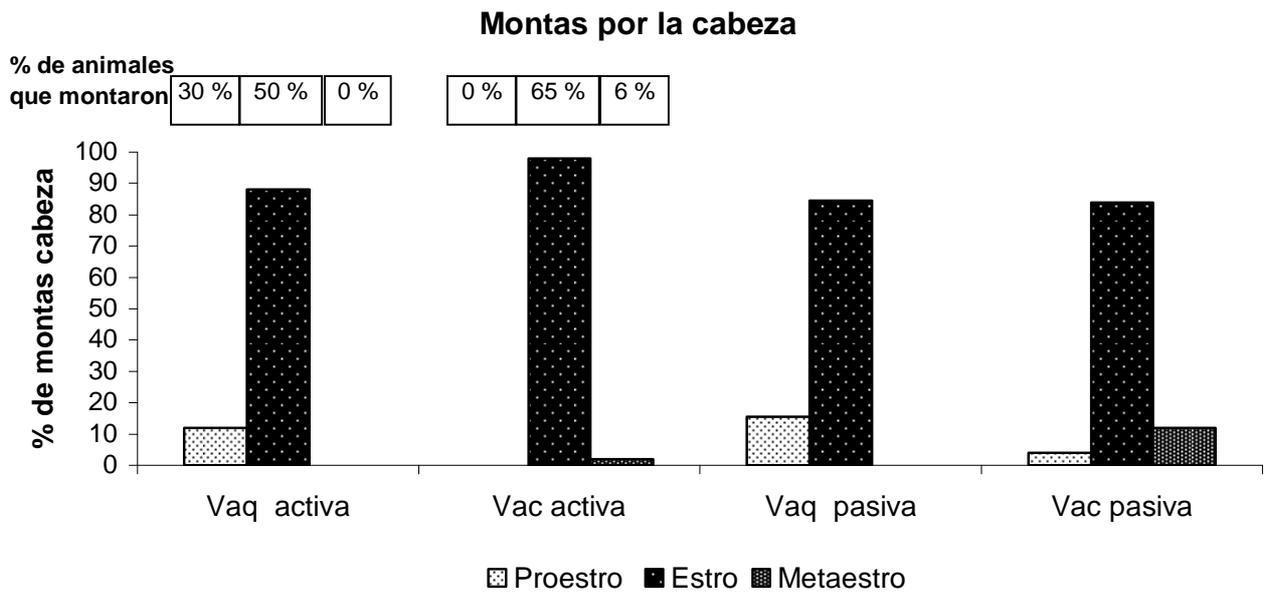


Figura 16: Porcentaje de montas por la cabeza, activas (montan) y pasivas (se dejan montar) durante proestro, estro y metaestro, en vacas y vaquillonas y % de animales que demostraron la actividad al menos una vez

Promedio de actividades realizadas en el estro

El promedio de las actividades realizadas por una vaquillona o vaca se resumen en la figura 17. Las vaquillonas como activas tienen gran actividad de monta, y como pasivas la actividad más registrada fue la aceptación de monta. La actividad más realizada por las vacas en estro fue el topeteo, seguida por monta, apoya mentón y olfateo. Mientras que las mayores actividades recibidas en el celo fueron olfateo y apoya mentón, seguida por aceptación de monta.

Promedio de las actividades del estro

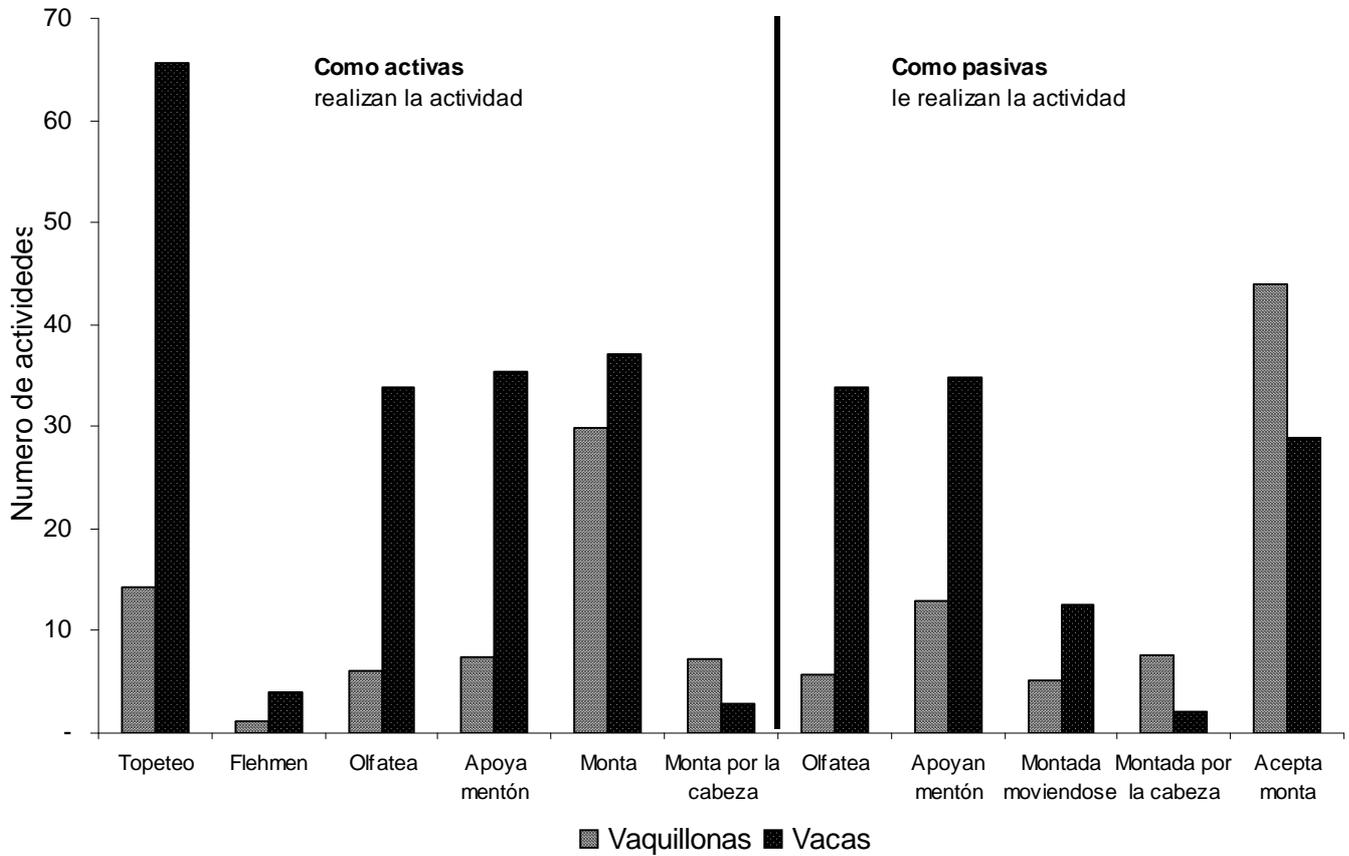


Figura 17: Promedio de las actividades realizadas y recibidas por vaquillonas y vacas en celo

Eficiencia de detección de celos

La detección de celos tuvo distinta eficiencia según la duración y la cantidad de períodos de observación. Este resultó más eficiente a mayor tiempo de observación y a mayor cantidad de períodos de observación. El cuadro IV compara la eficiencia de detección según diferentes períodos de observación y duraciones.

Cuadro IV. Comparación de la eficiencia para detectar una vaca en ordeño en celo según diferentes períodos de observación y duración de cada uno. Porcentajes basados en la ocurrencia de por lo menos una monta aceptada

Eficiencia de la detección de celo según períodos de observación y tiempo							
	Período de observaciones			Duración de cada período			
	1	2	3	60 min.	30 min.	20 min.	10 min.
Óptimo ¹	08:00	19:00		94%	76%	65%	59%
Otro momento ²	02:00	14:00		88%	65%	53%	24%
3 observaciones ³	02:00	08:00	19:00	94%	88%	88%	71%
Ordeño ⁴	04:00	16:00		59%	41%	18%	12%
Ordeño + 8:00	04:00	08:00	16:00	76%	71%	59%	53%

¹: Al amanecer y al atardecer, según datos de este estudio (Salida del sol: 7:07; puesta de sol: 20:07)

²: Dos horas previas a cada ordeño

³: Basado en las horas de máxima actividad durante el estudio

⁴: Observaciones realizadas previo al ordeño

7. DISCUSIÓN

El porcentaje de celo luego de la segunda administración de prostaglandina en vaquillonas fue de un 80%, similar a los resultados de Kruif y col. (1976) y en discordancia con los resultados obtenidos por Alcalá y col. (1988) que obtuvieron un 95% y de Jochle y col. (1982) que obtuvieron un 60% de celo luego de la segunda administración de la $PGF_{2\alpha}$. Esto se podría explicar por los distintos pesos de los animales y edades.

El porcentaje de vacas que entraron en celo (52%) luego de la segunda $PGF_{2\alpha}$ está de acuerdo con los registrados por Kruif y col. (1976) y Boreman y col. (2003).

La duración de los celos en vacas y vaquillonas en el presente trabajo fue similar a otros estudios que realizaron observación continua (Cavaleri y col., 2003) o radiofrecuencia (Walker y col., 1996) y mayor que en otros estudios que utilizaron radiofrecuencia (Xu y col., 1998; Dransfield y col., 1998; Taras y Spahr, 2001; Roelofs y col., 2005) o observación visual en períodos cada 4 horas (Yoshida y Nakato, 2005). La mayor duración del estro puede deberse a diversos factores como: el número de animales en estro en el mismo momento debido a la sincronización, la superficie donde se montaban que fueron pasturas o tierra, la observación continua que no subestima la magnitud del celo (Xu y col., 1998; Cavaleri y col., 2003) y el clima templado presente durante todo el estudio.

La duración del estro fue mayor en vacas multíparas que en vaquillonas, igual que en el estudio de Walker y col. (1996) y Van Vliet y Van Eerdenburg (1996).

El número de montas total fue similar al estudiado por observación continua por Cavaleri y col. (2003) y mayor que en los estudios por radiofrecuencia (Xu y col., 1998; Dransfield y col., 1998; Taras y Spahr, 2001; Roelofs y col., 2005), dando como resultado una mayor intensidad de montas por hora. El tipo de piso utilizado en este estudio (sobre pasturas) fue encontrado como el factor de mayor importancia que la temperatura o época del año (Roddian y col., 1996). Una de las causas por las cuales el número de montas fue alto se debió a la concentración de celos por la sincronización de los mismos. Aunque según King (1990) la intensidad de los celos y su duración varían según múltiples factores por lo que es difícil crear un patrón y establecer comparaciones con otros autores.

En nuestro trabajo la distribución de actividades y el comienzo del celo tuvieron relación con el momento del día, tanto en vaquillonas, como en vacas. En las vaquillonas las disminuciones de la actividad se dieron al momento de dar el concentrado y en la noche entre las 18:00 y las 2:00 am.

En las vacas hubo una tendencia a comenzar el estro entre las 0:00 y las 12:00 horas. Las montas aceptadas no tuvieron una distribución similar a lo largo del día, con una disminución a la hora previa y posterior al ordeño, comentar comportamiento post ordeño.

Xu y col. (1998) en un estudio sobre pastura no encontraron diferencias en la distribución de las montas aceptadas a lo largo del día, ni en el inicio del celo (o primera monta aceptada). A diferencia de estudios previos en sistemas de estabulación o de semi-estabulación, que revelaron una distribución diferente durante el día tanto de la actividad sexual, como del comienzo de celo. Hurnick y col. (1975) encontró que el 70% de las montas se registraron

entre las 7 am y 7 pm. Tanto Hurnick y col. (1996) como Penington y col. (1986) encontraron que los cambios en el comportamiento de montas eran debidos a distracciones producidas por el manejo (ordeño y alimentación). En nuestro estudio las inclemencias del tiempo también afectaron todas las actividades, por ejemplo, durante 4 horas de tormenta con viento, las vaquillonas no demostraron ningún tipo de actividad.

La duración entre la primera monta aceptada y el momento de la ovulación detectado por ultrasonografía transrectal fue similar a otros estudios (Walker y col., 1996; Xu y col., 1998; Roelofs y col., 2005), por lo que puede ser utilizado como un dato para indicar el momento de ovulación. La intensidad de actividades no influenció sobre el tiempo de ovulación al igual que en el trabajo de Roelofs y col. (2005). Sin embargo otros autores como Walker y col. (1996) encontraron que a mayor duración de la actividad de monta mayor intervalo entre primera monta y ovulación. Según Van Eerdenburg y col. (2002) la intensidad del comportamiento estral está correlacionada con el tiempo de ovulación. Vacas que mostraron más conducta de celo (basadas en una combinación de pasividad a la monta, siendo montada pero en movimiento, montando otras vacas, olfateando vulva, haciendo flehmen y apoyando mentón) ovularon más temprano que las vacas que mostraron menos conducta de celo.

En las vaquillonas la actividad que se presentó más frecuente fue la aceptación de monta seguido por apoya mentón, olfateo de vulva y topeteo. Mientras que en vacas la conducta más observada fue el topeteo, el olfateo de vulva y el apoyo de mentón, seguido por topeteo y acepta monta. Este dato también fue observado por Roelofs y col. (2005).

Mientras que en las vacas el comportamiento está más concentrado en el estro, se produce entre un 84% y 98% del total de actividades, en las vaquillonas probablemente por su inexperiencia las actividades están más divididas entre el estro y proestro. Roelofs (2005) también describió una mayor duración de los signos apoyo mentón y olfateo de vulva al comparar vacas primíparas con múltiparas.

Se observó que tanto las vacas como las vaquillonas empezaban la actividad con topeteos, olfateo de vulva, flehmen y apoya mentón, para luego comenzar a montar y por ultimo aceptar la monta. En el caso de las vaquillonas empezaban más temprano en el proestro mientras que las vacas comienzan más cerca del estro. Por lo que es muy importante ver los animales con signos secundarios de celo, como olfateo de vulva y apoyo del mentón ya que estos animales o se encuentran en celo o posiblemente se encuentren en celo en la próxima observación.

Cuando las vacas o vaquillonas montan por la cabeza se las puede considerar en celo ya que todas se dieron muy cerca de este o durante el mismo. Este dato concuerda con lo que afirma el Dr. Roberto García Bouissou (comunicación personal).

De las 14 vaquillonas que ovularon, 12 (86%) demostraron celo aceptando por lo menos 1 monta y en el caso de las vacas de 16 que ovularon, 15 (94%) aceptaron montas. Este estudio dio resultados muy diferentes a trabajos en estabulación o semi-estabulación en los que solo el 58% aceptaron monta (Roelofs 2005), o que menos del 50% aceptaron montas (Van Eedenburg y col., 1996; Lyimo y col., 2000; Heres y col., 2000; Van Eedenburg y col., 2002).

Durante el estro todas las vacas montaron a otras vacas y un 94% fueron montadas moviéndose, similar a los datos de Roelofs y col. (2005) que encontró que el 90% de las vacas montan durante el estro y un 56% se dejan montar moviéndose. Según el estudio de Roelofs y col. (2005) de las vacas que montaron, el 86% ovularon entre 21.5 y 33.5 horas después de la primera monta.

Las vaquillonas aceptaron monta, montaron a otras y montaron por la cabeza con más intensidad (montas / hora) que las vacas, demostrando una gran actividad de monta. Mientras que en las vacas prefieren olfatear y apoyar el mentón con más frecuencia.

Los mejores tiempos de observación para nuestro estudio resultaron las 8:00 y las 19:00, luego del amanecer y antes del atardecer, en correspondencia con lo que describe Marcantonio (1998). Siendo los peores momentos cuando los animales realizan otras actividades, como cuando se dirigían al ordeño y posterior a el, porque en esos momentos priorizan su nutrición. A mayor cantidad de períodos dedicados a la observación y a mayor duración de este se logran mejores eficiencias de detección de celos.

8. CONCLUSIONES

En sistemas pastoriles como el nuestro, la duración de celos (tomada como el período de aceptación de montas) es mayor que en los sistemas estabulados y/o semi-estabulados.

La conducta de aceptación de la monta sigue siendo el principal signo de celo, ya que esta actividad ocurrió en prácticamente todos los animales que ovularon. Por lo que, para la detección de celos el principal signo es la aceptación de montas, ya que la duración de celo, intensidad y número de montas aceptadas es alta. Los animales que presentan signos secundarios de celo deben ser tenidos en cuenta ya que estos signos son realizados principalmente por los animales en celo o próximo a este. Las vacas o vaquillonas que montan por la cabeza a otras pueden ser consideradas en celo, por lo que se recomienda inseminarlas.

Las vaquillonas tienen celos más cortos que las vacas, pero manifiestan los signos estrales con mayor intensidad. Los signos secundarios de estro comienzan más temprano en el proestro.

Los mejores momentos para la observación de celo son aquellos fuera del horario de ordeño y alimentación. Se recomiendan dos observaciones de una hora cada una, al amanecer y al atardecer logrando un alto porcentaje de detección resulta práctico y eficaz. Se recomienda para una mejor detección un sistema de registros donde se anote, por separado, los animales que aceptaron monta y los que demuestran los signos secundarios.

9. REFERENCIAS

1. Abilay TA, Johnson HD, Madan M. (1975). Influence of environmental heat on peripheral plasma progesterone and cortisol during the bovine estrus cycle. *J. Dairy Sci*; 58:1836-1840.
2. Alberio R, Schiersmann G, Conosciuto G, Sanchez O. (1978). Control del ciclo estral en vaquillonas, vacas secas y vacas en lactancia de razas de carne por medio de cloprostenol. *Analecta Veterinaria*; 10-11:225-245.
3. Alberio R. (2003). Nuevas biotecnologías reproductivas. Aspectos biológicos y económicos. 5 Simposio de Reproducción Animal Córdoba, Argentina, pp. 293-322.
4. Alcala L, De Armas R, Caral J, Solano R, Fuentes D, Alejo C, Herrera R, Perez R. (1988). Comparación de dos tratamientos de sincronización estral en novillas receptoras con cloprostenol (derivado sintéticos similar a la PGF2a). *Rvta Cub Cienc. Vet*; 19:293-298.
5. Bavera GA. (2000). Curso de producción bovina de carne, Cáp. VI. FAV UNRC www.produccionbovina.com; (consultado el 22/5/2005).
6. Bavera GA. (2000). El sitio de la producción bovina de carne. www.produccionbovina.com; (consultado el 22/5/2005).
7. Blanc J., Moraes J., Ferraris A. (1994). Respuesta a la sincronización de celo con un análogo sintético de la prostaglandina F2alfa (Delprostenate) en vacas en ordeño. XXII Jornadas Uruguayas de Buiatría, Paysandú, Uruguay; pp: C.C.2.1-C.C.2.5
8. Blanc JE, Ferraris A, Cavestany D. (2000). Sincronización de celos e inseminación artificial a tiempo fijo en vaquillonas Holando en el litoral de Uruguay. XXI Congreso Mundial de Buiatría. 4-8 diciembre, 2000. Punta del Este, Uruguay; pp: 47.
9. Bonnevaux JJ, (1983). Prostaglandinas y análogos sintéticos-Generalidades y relación con el sistema reproductor. *Veterinaria*; 19:40-43.
10. Bonnevaux JJ. (1982). Evaluación de la respuesta de un análogo sintético de la PGF2a en un trabajo a tiempo corto de IA. *Veterinaria*; 18:13-17.
11. Boreman JM, Radcliff RP, McCormack BL, Kojima FN, Patterson DJ, Macmillan KL, Lucy MC. (2003). Synchronisation of oestrus in dairy cows using prostaglandin F2alpha, gonadotrophin-releasing hormone, and oestradiol cypionate. *Anim Repod Sci*; 76:163-176.
12. Bosch AR. (1976). Sincronización del estro, fertilidad en vaquillonas con un análogo sintético de la prostaglandina F2 alfa. *Gaceta veterinaria*; 38: 329-333.
13. Britt JH, Scott RG, Armstrong JD, Whitacre MD. (1986). Determinants of estrous behavior in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci*; 69:2195-2202.
14. Burris M, Priode B. (1995). Effect of calving date on subsequent calving performance. *J Anim Sci*; 17:527-533.
15. Butler H, Scena C, Voinea Delast P. (1995). Comparación de tres agentes luteolíticos administrados a dos dosis diferentes en vaquillonas Abreeden Angus y Hereford. *Revista Argentina de Producción Animal*; 15: 1078-1080.
16. Butler WR. (2000). Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Anim Reprod Sci*; 60:449-457.
17. Callejas S. (1988). Programa de sincronización de celos con prostaglandinas. CABIA. IV Jornadas. Buenos Aires, Argentina; pp: 27-34.
18. Cavalieri J, Flincke LR, Anderson GA, Macmillan KL. (2003). Characteristics of oestrus measured using visual observation and radiotelemetry. *Anim Reprod Sci*; 76:1-12

19. Cavestany D, Betancour H, Blanc J, Lemaire C, Slavica J, Moreira F, Risco C, Thatcher WW. (2000). Eficiencia reproductiva en vacas de leche en producción sometidas a un esquema de manejo reproductivo programado en tambos comerciales de Uruguay. XXI Congreso Mundial de Buiatría. 4-8 diciembre, 2000. Punta del Este, Uruguay.
20. Cavestany D, Méndez J. (1993). Manual de inseminación artificial en bovinos. Boletín de Divulgación No. 39. INIA La Estanzuela, Uruguay. 86 pp.
21. Cavestany D. (1993). Eficiencia reproductiva en vacas lecheras. Boletín de Divulgación No. 37. INIA La Estanzuela, Uruguay. 22 pp.
22. Cavestany D. (2000). Temas de Lechería: Reproducción. Serie Técnica 116. INIA. La Estanzuela; pp: 58-60.
23. Cavestany D. (2002). Sincronización y/o inducción de celos con o sin inseminación artificial a tiempo fijo en rodeos lecheros. Jornadas Uruguayas de Buiatría. XXX, Paysandú, Uruguay; pp. 143-150.
24. Cooper MJ. (1974). Control of oestrus cycles of heifers with a synthetic prostaglandin analogue. *Vet Rec*; 95:200-203.
25. de la Sota R. (2000). Detección de celos: como calcular su intensidad y exactitud. *Taurus*; 2:19-27
26. De Silva AW, Anderson GW, Gwazdauskas FC, McGilliard ML., Lineweaver JA. (1981). Interrelationships with estrous behavior and conception in dairy cattle. *J. Dairy Sci*; 64:2409-2418.
27. 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.
28. Dieleman SJ, Bevers MM, Tol HTM, Wiliemse AH, (1986). Peripheral plasma concentrations of estradiol, progesterone, cortisol, Lh and prolactin during the oestrus cycle in the cows, with emphasis on the peri-oestrus period. *Anim Reprod. Sci* 10:275-292.
29. Dransfield MBG, Nebel RL, Pearson RE, Warnick LD. (1998). Timing of insemination for heifers identified in estrus by a radiotelemetric estrus detection system. *J. Dairy Sci*; 81:76:250.
30. Dransfield MGB, Nebel R L, Pearson R E, Warnick L D. (1998). Timing of insemination for dairy cows identified in estrus by a radiotelemetric estrus detection system *J. Dairy Sci*; 81:1874–1882.
31. Edmonson AJ, Lean LJ, Weaver LD, Farver T, Webster G. (1989). A body condition scoring chart for Holstein dairy cow. *J. Dairy Sci*; 72:68-78.
32. Elhordoy D, Hernández S. (1987). Preguntas y respuestas sobre las prostaglandinas en reproducción animal. Universidad de la República. Departamento de publicaciones, Montevideo, Uruguay; pp: 18-20.
33. Elving L, Pieterse MC, Vernoooy AM. (1983). Preliminary study of a device for measuring electrical resistance of the vaginal, as a mean of detecting oestrus in cows. *Tijdschr Diergeneesk* 108:85-89.
34. Esslemont RJ. (1992). Measuring dairy fertility. *Vet Rec*. 131:209-212.
35. Evans A, Adams G, Rawlings N. (1994). Follicular and hormonal development in prepuberal heifers from 2 to 36 weeks of age. *J. Reprod Fert*; 102:463-470.
36. Ferguson JD, Skan D, Chalupa WV, Kronfeld DS. (1990). Effects of hard fats on in vitro and in vivo rumen fermentation, milk production and reproduction in dairy cows. *J Dairy Sci*. 73:2864-2879.

37. Ferguson SD, Galligan DT. (1993). Reproductive programs in dairy herds. Proc Central Vet Conf Kansas City, MO, USA; 1:161-178.
38. Foote RH. (1975). Estrus detectiony estrus detection aids. J. Dairy Sci; 58:248-256.
39. Fortín MR. (1989). Sincronización de celo en bovino con PG. CABIA, Córdoba, Argentina; pp. 29 – 39.
40. Fortune JE, Armstrong DT. (1978). Hormonalcontrol of 17β estradiol biosyhtesis in proestrus rat follicules: estradiol production by isolate theca versus granulosa. Endocrinology; 102:227-235.
41. Garcia Paloma J, Alberio R, Grondona M, Carrillo J, Schiersmann G. (1992). Effect of calving date on lifetime productivity of cows in winter calving Aberdeen Angus herd. Anim Prod; 55:177-184.
42. García Sacristán A, Castejon Montiejo F, de la Cruz Palomino LF, González Gallego J, Murillo Lopez de Silanes MD, Salido Ruiz G. (1995). Fisiología Veterinaria, 1ra Edición, Mc Graw Hill, Interamericana de Madrid, España.
43. Ginther OJ, Wiltbank MC, Fricke PM, Gibbons JR, Kot K. (1996). Selection of the dominant follicle in cattle. Biol Reprod; 55:1187-1194
44. Gwazdauskas FC, Lineweaver J A, McGilliard ML. (1983). Environmental and management factors affecting estrous activity in dairy cattle. J. Dairy Sci; 66:1510-1514.
45. Hackett AJ, Batra TR, McAllister AJ. (1984). Estrus detection and subsequent reproduction in dairy cows continuously housed indoors. J. Dairy Sci; 67:2446-2454.
46. Hafez ESE, Schein MW, Ewbank R. (1969). The behaviour of the cattle. En: Hafez ESE (ed). The behaviour of domestic animals. Bailliere Tindall and Cassell, Londres Reino Unido; pp. 235-295.
47. Hafez ESE. (1989). Reproducción e inseminación artificial en animales, 5ta. Edición, Ed. Interamericana, México; pp: 1-677.
48. Heersche G, Nebel RL. (1994). Measuring efficiency and accuracy of detection of estrus. J. Dairy Sci; 77:2754-2761
49. Helmer SD, Britt JH. (1985). Mounting behavior as affected by stage of estrous cycle in Holstein heifers. J. Dairy Sci 68:1290-1296.
50. Heres L, Dieleman SJ, Van Eerdenburg FJCM, (2000). Validation of a new meted of visual oestrus detection on the farm. Vet Quart; 22:50-55.
51. Hurnik JF, King GJ, Robertson HA. (1975). Estrous and related behavior in postpartum Holstein cows. Applied Animal Ethology; 2:55-68.
52. Inostroza MA, Sepúlveda NG. (1999). Actividad reproductiva postparto en vacas lecheras frisonas. Arch. Zootec. 48:429-432.
53. Inskip EK. (1973). Potential uses of prostaglandins in control of reproductive cycles of domestic animals. J Animal Sci; 36:1149-1157.
54. Jochle W, Kuzmanov D, Vujosevic. (1982). Estrous cycle sincronization in dairy heifers with prostaglandin analog alfaprostol (I). Theriogenology; 18:215-225.
55. Kastelic JP. (2001). Computerized heat detection. Advances in Dairy Technology 13: 393-402.
56. King GJ. (1990). Sexual behavior in cattle. En: Studies of reproductive efficiency of cattle using RIA techniques. International Atomic Energy Agency. Vienna, Austria. pp 59-66.
57. Kruif A, Zikken A, Kommerij R, de Bois CH. (1976). Reults obtained after synchronization of oestrus by prostaglandins in dairy cows. Tijdschr Diergeneeskd; 101:1257-1262.

58. Leher AR, Lewis GS, McMillan WH, Aizainbud E. (1995). Bio-impedance monitoring of genital tissues of cows as an aid in cattle reproductive management. *Proc NZ Soc Anim Prod*; 55:221-223.
59. Lucy M, Stevenson JS, Call EP. (1992). Controlling first service and calving interval by prostaglandin F2 alfa, gonadotropin–releasing hormone, and timed insemination. *J. Dairy Sci*; 69:2186-2194.
60. Lyimo ZC, Nielen M, Ouweltjes W, Kruij TA, Van Eerdenburg FJ. (2000). Relationship among estradiol, cortisol and intensity of estrus behavior in dairy cattle. *Theriogenology*; 53:1781-1795.
61. Marcantonio S. (1998) Reproducción y detección de celo. Romage s.a. Buenos Aires, Republica Argentina; pp: 4-28.
62. Marcantonio S. (2003). www.supercampo.com.ar/edicion_0108/nota_03.htm (consultado el 20/5/2005).
63. Mc Donald LE. (1991). *Endocrinología Veterinaria y Reproducción*. 4ta. Ed. Interamericana Mc Graw-Hill, Madrid, España; pp:1-541.
64. Morrow DA. (1986). *Current Therapy in Theriogenology*. 2º Ed. W.B. Saunders Co. Philadelphia. USA; 1104 pp.
65. Mukasa-Mugerwa E, (1989). A review of reproductive performance of female. *Bos indicus* (Zebu) cattle. Monograph N6 international Livestock Centre for Africa. ILCA Addis Abeda, Etiopía, 134pp.
66. Pennington JA, Albright JL, Diekman MA, Callahan CJ. (1985). Sexual activity in Holstein cows: seasonal effects. *J. Dairy Sci*; 68:3023-3030.
67. Pennington JA, Albright JL, Callahan CJ. (1986). Relationships of sexual activities in estrous cows to different frequencies of observation and pedometer measurements. *J. Dairy Sci*; 69 (11): 2925-34.
68. Peralta OA, Pearson RE, Nebel RL. (2005). Comparison of three estrus detection systems during summer in a large comercial dairy herd. *Anim. Reprod. Sci.* 87:59-72.
69. Peters AR, Ball PJH. (1991). *Reproducción del ganado vacuno*. Ed. Acribia Zaragoza, España.
70. Pursley JR, Kosoruk MR, Wiltbank MC. (1995). Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF2alfa and GnRH. *Theriogenology*; 44: 915-923.
71. Rodtian P, King G, Subrod S, Pongpiachan P. (1996). Oestrus behaviour of Holstein during cooler and hotter tropical seasons. *Anim Reprod. Sci*; 45:47-48.
72. Roelofs JB, Van Eedenburg 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.
73. Rottensten K, Touchberry RW. (1957). Observation of the degree of expression of estrus in cattle. *J Dairy Sci.* 40:1457-1465.
74. Rowson L, Tervit R, Brand A. (1972). The use of prostaglandin for synchronization of estrus in cattle. *J. Reprod Fertil*; 29:145-148.
75. Savio JD, Boland MP, Hynes N, Roche JF. (1990). Resumption of follicular activity in the early postpartum period of dairy cows. *J. Reprod. Fertil*; 88:569-579
76. Savio JD, Keenan L, Boland MP, Roche JF. (1988). Pattern of growth of dominant follicles during the estrous cycle of heifers. *J. Reprod. Fertil*; 83:663-671.
77. Schmitt EJP, Drost M, Diaz T, Roomes C, Thatcher WW. (1996). Effect of gonadotropin –releasing hormone agonist on follicle recruitment and pregnancy rate in cattle. *J Anim Sci*; 74:154-161.
78. Senger PL. (1994). The estrus detection problem: new concepts, technologies, and possibilities. *J. Dairy Sci*; 77:2745-2753.

79. Sepúlveda NG. (2000). Factores que afectan a la tasa reproductiva de rebaños lecheros que utilizan inseminación artificial en el sur de Chile. Tesis Universidad de Córdoba, España. 276 pp.
80. Sirois J, Fortune JE. (1988). Lengthening the bovine estrus cycle with low concentration of exogenous progesterone: a model for studying ovarian follicular dominance. *Endocrinology*; 127:916-925.
81. Smalley SA. (1981). Management problems of large dairies. *Vet Clin North Am: Large Anim Pract*; 3:289-305.
82. Spicer LJ, Tucker WB, Adams GB, (1990). Insulin-like growth factor in dairy cows: relationships among energy balance, body condition, ovarian activity, and estrous behavior. *J Dairy Sci*; 73:929-937.
83. Taras EE, Spahr SL. (2001). Detection and characterization of estrus in dairy of estrus in dairy cattle with an electronic heatmount detector and an electronic activity tag. *J. Dairy Sci*; 84:792-798.
84. Thatcher WW, Driancourt MA, Terqui M, Badinga L. (1991). Dynamics of ovarian follicular development in cattle following hysterectomy during early pregnancy. *Dom Anim Endocrinol*; 8:223-234.
85. Trimmerger GW, Frincher MG. (1956). Regularity of estrus, ovarian and functionyconception rates in dairy cattle. *Cornell Univ. Agric. Expt. Sta. Bull. No. 911*.
86. Van Eedenburg FJCM, Karthaus D, Taverne MA, Merics I, Szenci O. (2002). The relationship between behavioral score and time of ovulation in dairy cattle. *J. Dairy Sci*; 85:1150-1156.
87. Van Eedenburg FJCM, Loffler SH, Van Vliet JH. (1996). Detection of oestrus in dairy cows: a new approach with to an old problem. *Vet Quart*;18:52-54.
88. Van Vliet JH, Van Eerdenburg FJCM. (1996). Sexual activities and oestrus detection in lactating Holstein cows. *Appl Anim Behav Sci*; 50:57-69.
89. Walker WL, Nebel RL, McGilliard ML. (1996). Time of ovulation relative to mounting activity in dairy cattle. *J. Dairy Sci*; 79:1555-1561.
90. 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.
91. Williamson NB, Morris RS, Blood DC, Cannon CM. (1972). A study of oestrous behaviour and oestrus detection methods in a large commercial dairy herd. I. The relative efficiency of methods of oestrus detection. *Vet. Rec*; 91:50-58.
92. Wiltbank MC. (1998). Improving reproductive efficiency in high producing dairy cattle. *Cattle Practice*; 6 (4), pp.261-273.
93. Wolfenson D, Thatcher WW, Savio JD, Badinga L, Lucy MC. (1994). The effect of a GnRH analogue on the dynamics of follicular development and synchronization of estrus in lactating cyclic dairy cows. *Theriogenology*; 42:633-644.
94. Xu ZZ, Mc Kcight DJ, 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*; 79:155-1561.
95. Yoshida C, Nakato T. (2005). Some characteristics of primary and secondary oestrus signs in high-producing dairy cows. *Reprod Domest Anim*; 40:150-155.