

UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE AGRONOMÍA

MEMORIA DE TÍTULO

**COMPARACIÓN DE DOS MÉTODOS DE DETECCIÓN DE
CELO EN VACAS HOLSTEIN AMERICANO DE ALTA
PRODUCCIÓN**

PAULINA ELIZABETH CARROZA VALENCIA

Santiago, Chile
2010

UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE AGRONOMÍA

**COMPARACIÓN DE DOS MÉTODOS DE DETECCIÓN DE
CELO EN VACAS HOLSTEIN AMERICANO DE ALTA
PRODUCCIÓN**

**COMPARISON OF TWO METHODS OF HEAT DETECTION
IN AMERICAN HOLSTEIN COWS HIGH PRODUCTION**

PAULINA ELIZABETH CARROZA VALENCIA

Santiago, Chile
2010

UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE AGRONOMÍA

COMPARACIÓN DE DOS MÉTODOS DE DETECCIÓN DE CELO EN VACAS HOLSTEIN AMERICANO DE ALTA PRODUCCIÓN

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Agrónomo

PAULINA ELIZABETH CARROZA VALENCIA

	CALIFICACIONES
PROFESOR GUÍA	
Sr. Héctor Manterola B. Ingeniero Agrónomo, M. S.	7,0
PROFESORES EVALUADORES	
Sr. Giorgio Castellaró G. Ingeniero Agrónomo, M. Sc.	7,0
Sr. Jaime Araya C. Ingeniero Agrónomo, MS. Ph. D.	6,3
COLABORADOR	
Sr. Edmundo Gana V. Ingeniero Agrónomo, Mg. Sc.	

Santiago, Chile
2010

A mis padres
A Toby, Pancho, Agustín y Lukas.

AGRADECIMIENTOS

A mi profesor guía Sr. Héctor Manterola, por los conocimientos entregados, apoyo incondicional y paciencia.

A mis profesores evaluadores Sr. Giorgio Casterallo y Sr. Jaime Araya, por su buena disposición, consejos y críticas.

A mi profesor colaborador Sr. Edmundo Gana, por facilitar todo el material que fuese necesario para el desarrollo de este ensayo.

A Don Luis Delgado y familia, por abrirme las puertas de su hogar durante mi estadía en “Las Mercedes”.

Finalmente agradezco a todas los profesores que en algún momento me ayudaron, en especial al Sr. Cristian Araneda.

ÍNDICE

1.	RESUMEN	1
2.	ABSTRACT	3
3.	INTRODUCCIÓN	5
4.	MATERIALES Y MÉTODOS	8
4.1.	Lugar del estudio	8
4.1.1.	Sistema de producción láctea	8
4.2.	Animales utilizados en el ensayo	9
4.3.	Métodos detección de celo	9
4.3.1.	Observación visual	9
4.3.2.	Sistema de medición de actividad	10
4.3.2.1.	Implementación del sistema de medición de actividad	13
4.4.	Descripción de la temporada de encaste otoño 2008	13
4.5.	Descripción de los tratamientos	14

4.6.	VARIABLES EVALUADAS	14
4.7	DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	16
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
5.1.	Eficiencia detección de celo	17
5.2	Días abiertos	21
5.3.	Tasa de preñez, tasa detección de celo y tasa de concepción	23
5.4	Índice coital	26
5.5.	Tasa detección de celo al primer servicio	27
5.6.	Retraso del sistema de medición de actividad	31
6.	CONCLUSIONES	32
7.	BIBLIOGRAFÍA	33

1. RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo comparar el método tradicional de detección de celo (Observación visual) con la nueva tecnología desarrollada por DeLaval (Sistema de Medición de Actividad) en vacas de alta producción durante la temporada de encaste. Este estudio se llevo a cabo en la lechería de la Sociedad Agrícola Las Mercedes, XIV Región.

Se utilizaron 240 vacas de la raza Holstein Americano, cuyo último parto fue normal, entre el 1° de febrero y el 15 de abril, los cuales fueron asignados al azar a 2 tratamientos: Observación visual (T1) y Sistema de Medición de Actividad (T2). Durante la temporada de encaste, se registró el signo de celo, nivel de actividad, método que detectó el celo, hora y fecha de inseminación y cubierta. Una vez finalizada la temporada, 40 días después, se realizó el diagnóstico de preñez por un médico veterinario.

La eficiencia de detección de celo, alcanzó valores de 70,8 y 57,7%, respectivamente para cada tratamiento. Los resultados indican que la eficiencia de detección de celo del Sistema de Medición de Actividad fue la menor del ensayo. Sin embargo, este método no hace distinción entre el día y la noche, para detectar los celos. En cambio, la observación visual (OV) detectó el 72,1% de los celos durante el día. Al analizar los días abiertos en función de la eficiencia de detección de celo, se observa que al aumentar la eficiencia de detección de celo, el lapso parto-concepción disminuye. Por ende, el Sistema de medición de actividad obtiene el mayor lapso parto-concepción (187 días). La tasa de preñez se expresó como el producto entre la tasa de detección de celo y la tasa de concepción. La tasa de detección de celo del Sistema de Medición de Actividad (34%) fue superada por la obtenida por la observación visual (70%). Al analizar la tasa de concepción, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($P \geq 0,05$), pero la tasa del Sistema de Medición de Actividad superó a la registrada por la observación visual. A pesar que el Sistema de Medición de Actividad presentó la mayor tasa de concepción, no obtuvo la mejor tasa de preñez (14,7%). No obstante, los tratamientos no presentaron diferencias significativas ($P \geq 0,05$) al analizar las tasas de preñez.

Al comparar el índice coital del tratamiento T1 *versus* el tratamiento T2, no se observaron diferencia significativas ($P \geq 0,05$). Además, el Sistema de Medición de Actividad superó en un 28% a la observación visual, al ser analizadas las tasas de concepción al primer servicio. Cabe mencionar que los animales antes de los 60 días postparto presentaron el mismo porcentaje de concepción al primer servicio, independiente el método de detección de celo utilizado. Durante dicho periodo los animales expresan con menor intensidad los signos externos de celo, pero esta situación cambia al aumentar los días postparto. La tasa de concepción al primer servicio determinada después de los 60 días postparto presentó los siguientes valores: 55,0 y 78,0 %, respectivamente para cada tratamiento.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede concluir que al evaluar la eficiencia de detección de celo de cada método, el Sistema de medición de actividad es menos eficiente que la observación visual. Además, al utilizar este método de detección de celo, la mayoría de los parámetros reproductivos se ven afectados.

Palabras clave: Detección de celo, observación visual (OV), Sistema Medición de Actividad (MA), eficiencia detección de celo.

2. ABSTRACT

This study had as objective to compare the traditional method of heat detection (visual observation), with the new technology of Delaval (Activities Meter System), in high producing cows during the mating period. This investigate was realized at the Agricultural Society Las Mercedes, XIV Region.

240 American Holstein cows were used, whose last delivery was normal, between February 1st and April 15th, which were randomly assigned to two treatments: Visual observation (T1) and Activity Meter System (T2). During mating season, the sign of heat, activity level, a method that detected the heat, time and date of insemination and cover were registered. Once the season was over, 40 days later, pregnancy was diagnosed by a veterinarian.

The efficiency of heat detection reached values of 70.8 and 57.7% respectively for each treatment. The results show that the efficiency of heat detection of the activity meter system was the lowest of the test. However, this method does not distinguish between day and night to detect the heats. Instead, visual observation (VO) detected 72.1% of heats during the day. When to analyze the open days depending on the efficiency of heat detection, it is observed that increasing the efficiency of heat detection, the time from labor to conception decreases. Therefore, the activity meter system obtains the highest period from labor to conception (187 days). The pregnancy rate was expressed as the product between the rate of heat detection and the conception rate. The heat detection rate of activity meter system (34%) was exceeded by that obtained by visual observation (70%). By analyzing the conception rate, no significant differences among treatments were found ($P \geq 0.05$), but the rate of Activity Meter System exceeded that recorded by visual observation. Although the Activity Meter System had the highest rate of conception, it did not obtain the best pregnancy rate (14.7%). Nevertheless, the treatments did not present significant differences ($P \geq 0.05$) to analyze pregnancy rates.

By comparing the coital rate of the treatment T1 versus the treatment T2, no significant differences were observed ($P \geq 0.05$). In addition, the Activity Meter System exceeded 28% of visual observation, when analyzed conception rates at first service. It is important to mention that the animals before 60 days postpartum had the same conception rate to first service, independent to the method of heat detection used. During that period, the animals express less intensively the external signs of heat, but this situation changes when the postpartum days are increased. The conception rate to first service determined after 60 days postpartum, presented the following values: 55.0 and 78.0%, respectively for each treatment.

According to the results obtained, we conclude that when evaluating the efficiency of heat detection of each method, the activity meter system is less efficient than the visual observation. Additionally, using this method of heat detection, most reproductive parameters are affected.

Key Words: Heat detection, visual observation (OV), Activity Meter System (MA), efficiency of heat detection

3. INTRODUCCIÓN

La producción nacional de leche durante la última década ha aumentado un 16,3% (ODEPA, 2008). Este incremento, se basa en la creciente holsteinización que ha llevado a una mayor producción por animal ayudado por modificaciones técnicas y de manejo, utilizando modernos sistemas de producción (Ibarra y Latrille, 1999; Sepúlveda y Rodero, 2003).

La mayor producción, genera un detrimento de los índices reproductivos. Por cada 100 Kg. de incremento en producción láctea, el lapso parto preñez aumenta en promedio 0,6 días y la tasa de preñez al primer servicio disminuye un 0,9% (Melendez y Pinedo, 2007). Esto trae como consecuencia una dificultad creciente para mantener la fertilidad en un nivel aceptable (Ibarra y Latrille, 1999; Sepúlveda y Rodero, 2003). La mejora del nivel productivo no sería la principal causa de disminución de la fertilidad, si no las estrategias de alimentación equivocadas, dietas no equilibradas y el aporte insuficiente de nutrientes (González *et al.*, 2001a). Según Ibarra y Latrille (1999), el principal problema ante esta situación es el retraso en el reinicio de la actividad ovárica postparto generado por un balance energético negativo (BEN).

El balance energético se define como la diferencia entre la energía consumida y la utilizada para mantención y producción de leche (Ibarra y Latrille, 1999). En las primeras semanas postparto se genera un estado de balance energético negativo, debido a que el gasto de energía es superior a la ingesta, por lo tanto las vacas pierden condición corporal, y deben movilizar reservas corporales acumuladas anteriormente para sustentar la producción láctea (Van Knegsel *et al.*, 2005; Davis, 2007).

El balance de energía, al hacerse negativo interfiere el funcionamiento del eje hipotálamo hipófisis, afectando la secreción hipotalámica de GnRH y la modalidad pulsátil de las hormonas gonadotrópicas: luteinizante (LH) y folículo estimulante (FSH) (Ibarra y Latrille, 1999).

Las hormonas luteinizante y folículo estimulante, son claves para la reactivación ovárica postparto, participando en la involución uterina, dinámica folicular y ovulación (Ibarra y Latrille, 1999). El BEN altera las primeras etapas del proceso de foliculogénesis, precisamente aquellos folículos que van a ovular después de los 60 días postparto coincidiendo con el inicio de la temporada de encaste (período de inseminaciones) (González *et al.*, 2001a).

Por otro lado, el BEN al inhibir la modalidad pulsátil de las hormonas gonodotrópicas, altera la secreción de estradiol, hormona necesaria para estimular los cambios en la conducta de celo (signos) (Duchens y De los Reyes, 2004). Estas alteraciones conducen a una menor expresión de los signos de celo y por consiguiente una disminución tanto en eficiencia de detección de celos como en la definición del momento óptimo para la inseminación artificial (González *et al.*, 2001a).

El celo o estro es el período de apareamiento de la vaca (receptividad sexual), que ocurre en promedio cada 21 días, con una duración aproximada de 12 a 18 horas (Duchens y De los Reyes, 2004).

Las hembras durante el período de receptividad sexual presentan diferentes signos de celo: La vaca se observa inquieta, el pastoreo y la alimentación se ven interrumpidos, el tiempo de rumia se reduce y la producción de leche disminuye. Además, muge o brama más de lo habitual, aumenta el acicalamiento, olfatea los genitales de otras vacas y presenta la vulva roja e hinchada. Estos signos son variables entre animales, pero el mejor indicador que una vaca está en celo es cuando ella se deja montar por un toro o compañera del rebaño (Sepúlveda y Rodero, 2003; Dunchens y De los Reyes, 2004).

Tradicionalmente, la detección se realiza mediante observación visual de los signos de celo, los cuales son poco prácticos para ser medidos diariamente, ya que sólo un astuto observador los puede identificar. La observación visual es un método tedioso e incurre en altos costos de mano de obra, con una eficiencia de detección de celo que oscila entre 50-70% (At-Taras y Spahr, 2001; Firk *et al.*, 2002; Roriea *et al.*, 2002).

La pobre detección de celo disminuye la producción de leche total a lo largo de la vida productiva de la vaca y el número de terneros nacidos por animal, aumenta el lapso entre partos y la tasa de reposición por problemas reproductivos (Sepúlveda y Rodero, 2003). De esta forma, la detección de celo constituye una de las claves del manejo reproductivo de los rebaños lecheros (González *et al.*, 2001a). Por ello el desarrollo de métodos que mejoren la detección de celo pueden tener gran impacto en los planteles lecheros (Latrille, 1993).

Varios métodos se han desarrollado para facilitar la detección de celo. Los métodos se fundamentan en el comportamiento sexual (actividad de monta) y cambios fisiológicos relacionados con el estro (temperatura corporal, propiedades fisicoquímicas del moco cervical y concentraciones basales de leche en progesterona o plasma (Jainudeen y Hafez, 2008).

Estas herramientas son de gran ayuda para la detección celo, pero deben adecuarse a las exigencias de los animales de alta producción (más de 10.000 kg. de leche por lactancia) que presentan celos débiles de corta duración (7 horas), y a las instalaciones de los modernos planteles lecheros que impiden el natural comportamiento de celo. Por esta razón, se deben desarrollar y aplicar nuevas tecnologías que proporcionen métodos eficaces para la detección de celo (Senger, 1994; Latrille, 1993; Firk *et al.*, 2002; Duchens y De los Reyes, 2004)

Idealmente, las nuevas tecnologías deben incluir las siguientes características (Senger, 1994):

- 1) Vigilancia continua de los animales (24 horas al día).
- 2) Identificación automática y exacta de las vacas en celo.
- 3) Alta precisión en la identificación de los signos de celo.
- 4) Reducción de mano de obra utilizada en detección de celo.
- 5) Funcionamiento durante toda la vida productiva del animal.

En Chile, el principal método de detección de celo es la observación visual. El 50% de las explotaciones lecheras utilizan uno o más métodos auxiliares de detección de celo. Entre los más destacados se encuentran: Pintura en la base de la cola, toros celadores y detectores de presión (Sepúlveda y Rodero, 2002).

Los detectores de presión y pintura en la base de la cola funcionan bien en sistemas donde las vacas se encuentran en pastoreo, en cambio, en condiciones de estabulación, los métodos auxiliares entregan falsos positivos de celo (datos erróneos de celo) (Sepúlveda y Rodero, 2002).

DeLaval (2005), ha desarrollado una nueva tecnología de detección de celo, denominada Sistema de Medición de Actividad que ayuda a la observación visual de celo. Realiza detección automática de celo, las 24 horas del día, independiente donde se ubique el animal y reduce la mano de obra empleada en esta labor.

Basándose en lo anterior, existe la necesidad de evaluar nuevas tecnologías que mejoren la detección de celo, principalmente en planteles lechero donde los animales se encuentran estabulados durante todo el año, para así lograr preñar a dichos animales y mejorar los índices reproductivos del rebaño.

Hipótesis.

En vacas de alta producción láctea, la detección de celo es más precisa utilizando el Sistema de Medición de Actividad en comparación con la observación visual.

Objetivos

Para validar la hipótesis, se han planteado los siguientes objetivos:

- Cuantificar la eficiencia del Sistema de Medición de Actividad en la detección de celo.
- Comparar dos métodos de detección de celo: observación visual y Sistema de Medición de Actividad.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Lugar del estudio

El ensayo se realizó en la Lechería de la Sociedad Agrícola “Las Mercedes”, ubicada en la comuna de La Unión, provincia del Ranco, XIV región de Chile a 40°16’ latitud sur y 73° 06’ de longitud oeste, a una altitud de 72 msnm.

El clima de la zona es templado lluvioso con influencia mediterránea, caracterizándose por no presentar ningún mes seco (precipitaciones totales mensuales inferior a 40 mm). El promedio anual de precipitaciones es superior a 1.300 mm, y el 60% de este se concentra durante los meses de mayo a agosto. La homogeneidad del relieve y la presencia de numerosos lagos en la zona, permiten mantener una baja oscilación térmica, con una temperatura media de 11°C. Además la formación lacustre es una fuente de humedad, existiendo durante todo el año una humedad media superior al 80% (Dirección Meteorológica de Chile, 2008).

Los suelos del sector pertenecen a la Serie Itropulli, de la Familia media, métrica de los Typic Durudands (Andisol). Suelos derivados de cenizas volcánicas, de texturas medias, moderadamente profundos, drenaje moderado y topografía plana (CIREN, 2003).

4.1.1. Sistema de producción láctea

El sistema de producción del Predio “Las Mercedes” es intensivo, basado en la estabulación permanente de los animales, con 560 vacas en ordeña y una producción anual promedio de 32 litros por vaca al día.

Las vacas se encuentran estabuladas durante todo el año en instalaciones adaptadas para ello, con cubículos individuales (camas), bebederos, comederos y patio de ejercicio.

Los animales son ordenados por lotes según: etapa de lactancia (primer, segundo y tercer tercio de lactancia), nivel de producción y tratamiento de enfermedades. Cada lote es alimentado con una ración completa distribuida 2 veces al día por un carro forrajero. La ración es una mezcla de ensilajes, soiling y altos niveles de concentrado que permiten satisfacer los requerimientos nutricionales de cada animal del lote.

Las vacas son ordeñadas dos veces al día en una sala de sujeción grupal tipo “espina de pescado”, con doble línea de leche, de 10 unidades.

4.2. Animales utilizados en el ensayo

Un mes antes de comenzar la Temporada de Encaste (otoño 2008), se seleccionaron 240 vacas sanas de diferentes números de lactancias, de la raza Holstein Americano, cuyo último parto fue normal, entre el 1° de febrero y el 15 de abril. Los animales que presentaban casos de mastitis y cojera, fueron excluidos del ensayo.

4.3. Métodos de detección de celo

4.3.1. Observación visual

La forma tradicional de detectar celo en el Predio “Las Mercedes” es a través de la observación visual. Este método, se realizó por turnos, uno durante el día y el otro por la noche, por dos trabajadores. La detección de celo se basó en la utilización de una planilla de registro de calores, ilustrada en la Figura 1. Cada trabajador debió completar dicha planilla con los datos del animal detectado en celo, registrando número del animal, fecha, hora y signo de celo. Debe marcar con una “x” el signo observado o agregar otro, en el caso que corresponda, como por ejemplo: “Bramar”.

CALORES	
Vaca	Vaquilla
HORA CELO	
Se acerca a otros animales	<input type="checkbox"/>
Monta a otras vacas	<input type="checkbox"/>
Se deja montar	<input type="checkbox"/>
Inquieta / Agitada	<input type="checkbox"/>
Retiene la leche	<input type="checkbox"/>
Secreción vaginal	<input type="checkbox"/>
Otros	<input type="checkbox"/>
FECHA	

Figura 1. Planilla de calores utilizada en el Predio “Las Mercedes” para la detección de celo.

4.3.2. Sistema de medición de actividad.

El Sistema de Medición de Actividad DeLaval es parte de ALRPO® System. Sistema de gestión informatizado e integrado que permite el registro de alimentación, salud, reproducción y producción de leche de un rebaño lechero (DeLaval, 2005).

La Figura 2 muestra los componentes principales del Sistema de Medición de Actividad. (1) Un medidor de actividad o dispositivo electrónico colocado en un collar de nylon alrededor del cuello de la vaca; (2) un receptor de actividad; (3) una antena y (4) un procesador, el cual es conectado a un computador para ejecutar el programa ALPRO® Windows.

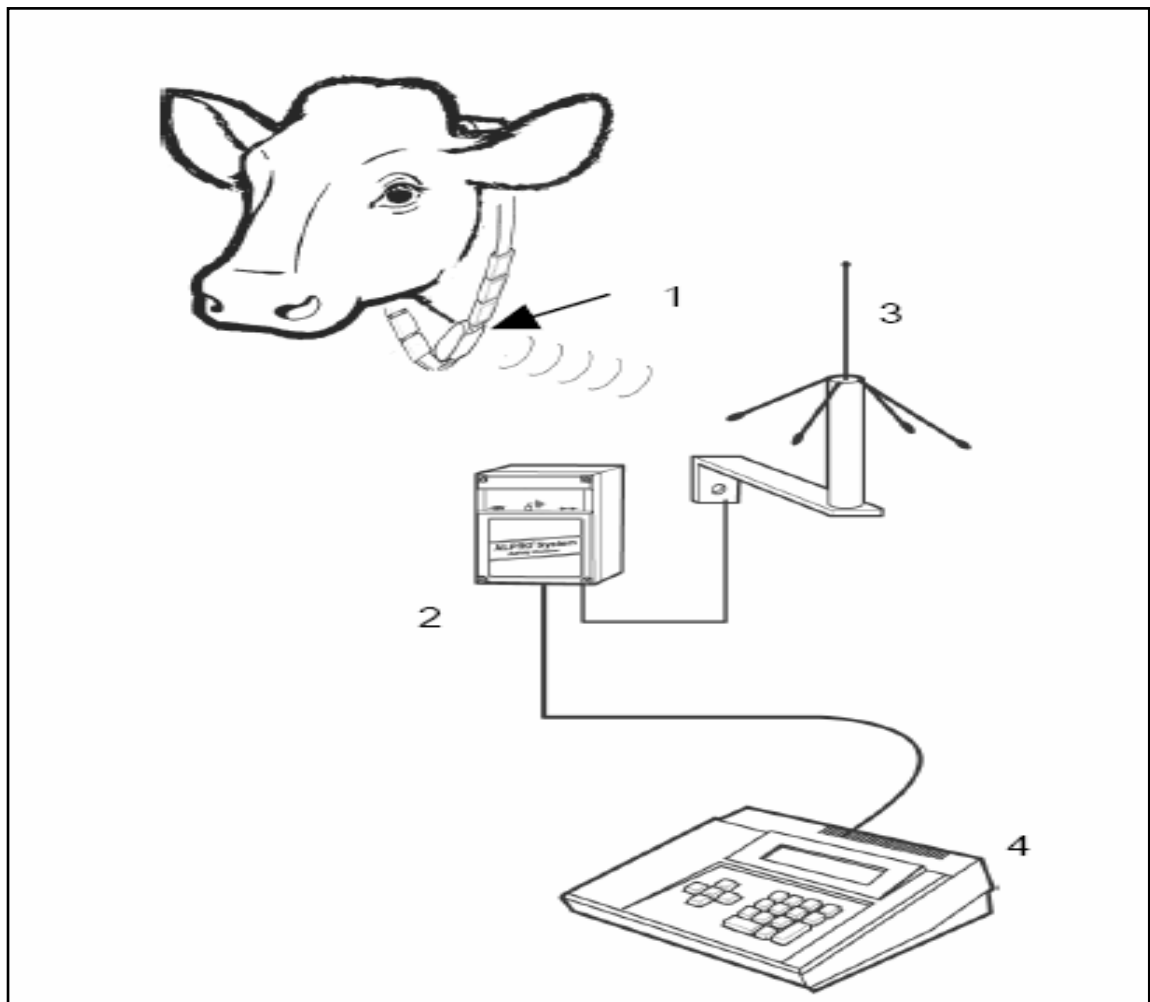


Figura 2. Componentes del sistema de medición de actividad: (1) Medidor de Actividad; (2) Receptor de Actividad; (3) Antena y (4) Procesador (DeLaval, 2005).

El medidor de actividad contiene un sensor que detecta y registra los movimientos del animal. El medidor, cada una hora, mediante señales de radio frecuencia (RF), transmite estos movimientos a dos antenas ubicadas en la lechería.

Las señales de RF captadas por las antenas son transmitidas al receptor y cada transmisión contiene los datos de actividad del animal registrados durante las últimas 24 horas. Los datos son enviados al procesador para ser analizados y generar un patrón de movimiento, el cuál predice los movimientos de la vaca y los períodos de descanso de un día normal.

El patrón de movimientos se actualiza continuamente con la información proporcionada por el medidor de actividad. La última transmisión siempre tendrá mayor efecto en el cálculo del patrón y los primeros datos perderán importancia gradualmente.

El procesador compara los movimientos reales del animal con el valor estimado por el patrón de movimiento. Si la vaca es más activa que el valor esperado por el patrón, el sistema genera una alarma de actividad. Las alarmas son clasificadas en tres niveles de actividad. El Cuadro 1 muestra los niveles de actividad y su relación con la detección de celo.

Cuadro1. Niveles de actividad generados por ALRPO® System (DeLaval, 2005).

Nivel de actividad	Simbología	Indicación de celo
1	(+)	Baja
2	(++)	Media
3	(+++)	Alta

Los animales detectados con un nivel de actividad 1 no fueron inseminados, debido a que presentan una baja indicación de celo, y existe una alta probabilidad de presentarse como falsos positivos (incremento de actividad por otros motivos ajenos a los signos de celo).

ALRPO® System entrega gráficos de actividad de cada animal para facilitar la detección de celos. La Figura 3 muestra la actividad diaria de una vaca durante varios días. La vaca alterna entre la actividad y el reposo de una forma similar día tras día. Pero luego, los movimientos varían. No descansa tanto como es habitual, está más activa. Esta falta de horas de descanso es típica de los periodos de actividad alta (celo) (DeLaval, 2005).

El incremento de actividad está representado por triángulos de colores en la base de cada gráfico. Cada color está relacionado con un nivel de actividad (amarillo (+), verde (++) y rojo (+++)). El color rojo es el nivel con mayor probabilidad de actividad alta (DeLaval, 2006)

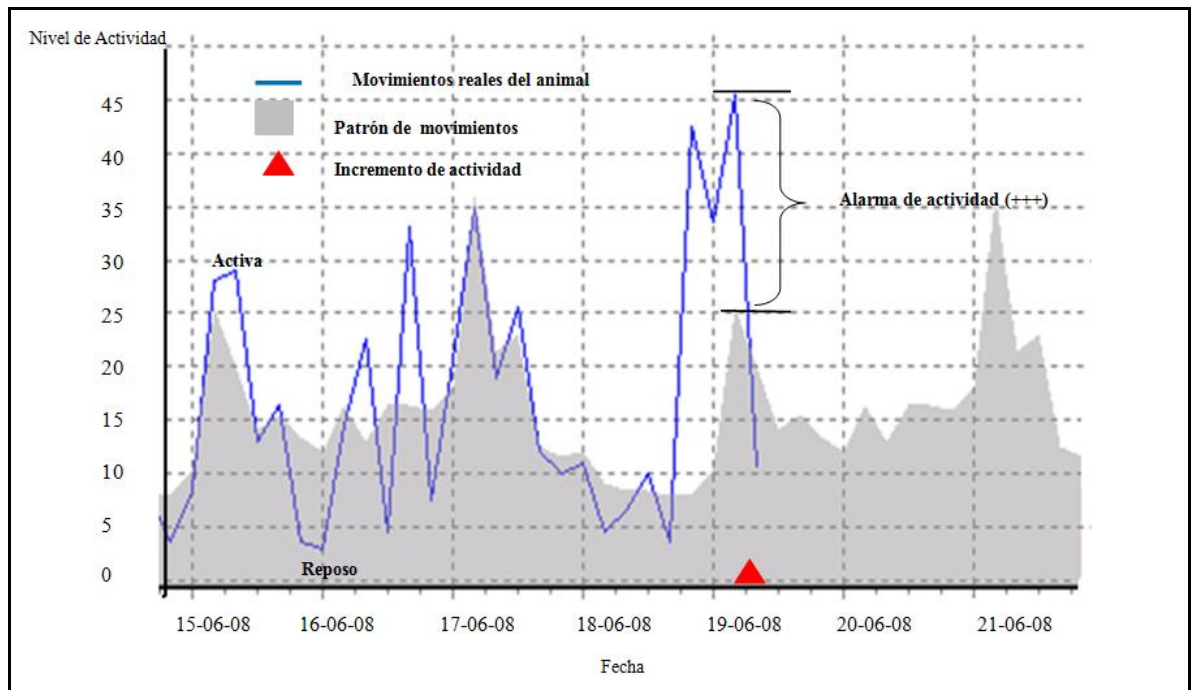


Figura 3. Gráfico de actividad de ALRPO® System. Adaptado de DeLaval, (2006).

Además, proporciona una lista de actividad que enumera las vacas muy activas e indica cuándo ha empezado la actividad. La lista también incluye información anexa, cuando es complementada con el calendario reproductivo del animal, por ejemplo: N° de inseminaciones o cubiertas previas, días desde el último celo, días desde el parto, estado de reproducción, entre otras.

La lista de actividad puede ser modificada según las diferentes necesidades de cada productor. Por ejemplo, la lista utilizada durante el ensayo, se ilustra en la Figura 4.

Las Mercedes		Vacas con alta actividad									
Vacas con alta actividad											
Grupo: Todo Filtro: Todas las vacas											
Filtro de columna ((Nivel de actividad alto >= 4))											
Contar 3											
Nº vaca	Nº grupo	Nº Medidor de Actividad	Nivel de actividad alto	Hora inicio alta actividad	Horas desde alta actividad	Nº de insemin.	Días desde insemin.	Días desde celo	Días desde el parto	Estado reproducción	Comentario
3015	8	10794	+	0	9	0	-	-	171	Recien parida	_____
3164	1	15401	+	18	15	0	-	-	136	Recien parida	_____
4388	7	16382	++	19	14	1	53	53	126	Cubrición	_____

Figura 4. Lista de Actividad utilizada en el Predio “Las Mercedes”.

4.3.2.1 Implementación del sistema de medición de actividad.

El medidor de actividad se instaló a la mitad de los animales seleccionados para el ensayo siete días antes de comenzar la temporada de encaste, debido a que el equipo necesita un período de prueba de cinco días para generar la base de datos de cada animal.

Las antenas y los receptores, se ubicaron a 3 metros de altura en las instalaciones de la lechería, y cada antena tiene un radio de cobertura de 70 metros.

4.4. Descripción de la temporada de encaste otoño 2008

La temporada de encaste se extendió desde el 12 de mayo al 21 de julio (ambas fechas inclusive). La detección de celo se realizó mediante los métodos ya mencionados. A medida que los animales detectados en celo cumplían los 45 días postparto (puerperio), eran inseminados por dos trabajadores del fundo. La primera y segunda cubierta o servicio se realizó mediante inseminación artificial, y el tercer servicio por monta natural dirigida.

La inseminación artificial, se realizó de acuerdo al siguiente protocolo de manejo: Todo animal registrado en celo en la mañana, tanto por observación visual o sistema de medición de actividad, fue inseminado en la tarde o viceversa. En cambio, los animales que ingresaron a un tercer servicio pasaron directamente a ser cubiertos por toro (monta natural).

4.5. Descripción de los tratamientos.

Los animales fueron asignados al azar a dos tratamientos según el método de detección de celo. De esta forma, los tratamientos fueron los siguientes:

Tratamiento 1 (T1): Aplicación de la observación visual para la detección de celo (OV).

Tratamiento 2 (T2): Aplicación del Sistema de medición de actividad para detección de celo (MA).

4.6. Variables evaluadas

Cantidad de animales detectados en celo

Durante la temporada de encaste se registró la cantidad de animales detectados en celo, y en cada vaca se registró el método que detectó el celo, nivel de actividad, signo de celo, hora de celo, fecha de inseminación, hora de cubierta o inseminación y número de cubiertas o servicios.

Porcentaje de preñez

40 días después, finalizado el periodo de encaste, se realizó el diagnóstico de preñez, el cual fue realizado por un Médico Veterinario, mediante la utilización de un ecógrafo portátil con sonda rectal BCF Technology® (Modelo Easy –Scan).

Parámetros reproductivos

Con la información obtenida, fue posible calcular los siguientes parámetros reproductivos, los cuales son indicados en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Definiciones de parámetros reproductivos utilizadas para el análisis de datos.

Parámetro	Definición
Días abiertos ¹	Días entre el parto y la concepción
Índice coital ²	$\frac{\text{Núm. de servicios realizados en vacas preñadas}}{\text{Núm. de vacas preñadas}}$
Tasa de preñez (%) ¹	$\frac{\text{Núm. de vacas preñadas}}{\text{Total de vacas}} \times 100$
Tasa de concepción al 1° servicio (%) ¹	$\frac{\text{Núm. de vacas preñadas al 1° servicio}}{\text{Núm. de vacas cubiertas al 1° servicio}}$
Tasa de concepción (%) ³	$\frac{\text{Núm. de vacas preñadas}}{\text{Núm. de vacas cubiertas}} \times 100$
Tasa de detección de celo (%) ³	$\frac{\text{Núm. de vacas cubiertas}}{\text{Núm. de vacas abiertas al comenzar período}} \times 100$
Eficiencia detección de celo (%) ⁴	$\frac{\text{Núm. de celos detectados}}{\text{Núm. Total de celo}} \times 100$

(1) Jainudeen y Hafez ,2008; (2) Uribe y Lanuza, 2006; (3) Cavestany *et al*, 2001; (4) Saumande, 2002.

4.7. Diseño experimental y Análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar y para el análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico SPSS^{MR} versión 8.0 (SPSS, 1998). Se uso la prueba de homogeneidad de chi-cuadrado (χ^2) para determinar si la frecuencia de detección de celo difiere entre ambos métodos (OV y MA) (Steel y Torrie, 1960). Esta prueba también se utilizó para comparar frecuencia de preñez, frecuencia de concepción y eficiencia detección de celo.

Para las variables continuas (días abiertos e índice coital) se comparó el promedio de ambos tratamientos por medio de una prueba t de Student para muestras independientes, previo la comprobación de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas por medio de las pruebas de Kolmogorov-Smirnov (Zar, 1974) y de Levene (Conover *et al.*, 1981), respectivamente. En el caso que no se cumplieran estos supuestos, para la comparación de promedios se utilizó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney que es similar a la prueba t de Student para muestras independientes pero no requiere de comprobación de ningún supuestos (Siegel, 1956).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Eficiencia en la detección de celo

Al analizar la eficiencia de detección de celo (Figura 5), se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0,05$). El tratamiento T1 superó en un 13,1% al tratamiento T2. Este resultado indica que el Sistema de Medición de Actividad es menos eficiente en comparación a la observación visual.

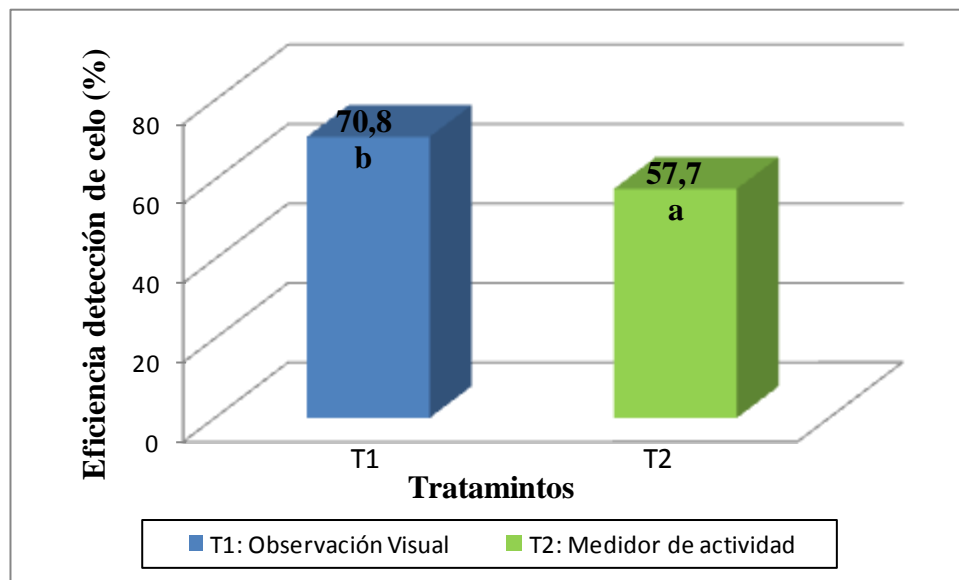


Figura 5. Eficiencia de detección de celo de cada tratamiento. Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$).

El método de observación visual (T1) detectó los animales en celo con una eficiencia de 70,8%, detectando 85 vacas en celo de un total de 120. Valores similares se han obtenido utilizando la observación visual como método para detectar celo. Wainstein *et al.* (2001), registraron una eficiencia de detección de celo de 70,5%. Estos valores no coinciden con los obtenidos por González *et al.* (2001a) y los revisados por Saumande (2002). Los primeros declaran obtener una excelente eficiencia de detección, superior al 85%. En cambio, los segundos indican que en la literatura la eficiencia de detección mediante observación visual oscila entre el 38 al 56%.

Aunque no todos los autores coinciden con los valores de la eficiencia de detección de la observación visual, la mayoría de ellos señalan que es un método tedioso, difícil de aplicar en grandes rebaños. La variabilidad de la eficiencia de detección depende del tiempo destinado a esta labor (número de sesiones de observación) y del conocimiento de los signos de celo (At-Taras y Spahr, 2001; Firk *et al.*, 2002; Saumande, 2002; Sepúlveda y Rodero, 2003). Sepúlveda y Rodero (2002), analizaron 24 explotaciones lecheras de la zona sur de Chile (Región de la Araucanía), señalando que el 87,5% de los planteles lecheros investigados realizan la observación visual de celo durante el tiempo que están ejecutando otras labores en el predio: aseo o alimentación de las vacas.

La menor eficiencia de detección de celo se obtuvo con el Sistema de Medición de Actividad (T2), detectando 67 animales en celo de un total de 116. El 60% de los celos registrados, correspondió a un nivel de actividad 3 (+++). Este nivel entrega baja probabilidad de falsos positivos. Sin embargo, la probabilidad de falsos positivos aumenta a medida que el nivel de actividad disminuye.

El 57,7% de eficiencia de este sistema de medición, resultó ser inferior a lo reportado por otros ensayos que evalúan diversos métodos electrónicos detectores de celo. El sistema electrónico HeatWatch detecta los animales en celo con una eficiencia que oscila entre el 76 al 87% (Xu *et al.*, 1998; At-Taras y Spahr, 2001; Wainstein *et al.*, 2001). Por otra parte, Senger (1994), señala que mediante el uso de un sensor electrónico de movimiento (podómetro) se logra una eficiencia entre el 60 y 100%.

La baja eficiencia de detección de celo del tratamiento (T2), se podría explicar por la variabilidad de los signos que aparecen durante el periodo de estros, los cuales no necesariamente son cambios en la actividad física que puede registrar el medidor de actividad, si no signos que un observador experimentado puede detectar, tales como: mucosidad clara que queda adherida a la cola, lamido genital a otras vacas, mugido frecuente y vulva roja (edematizada). Además, las modernas instalaciones (estabulación permanente) impiden el natural comportamiento durante el periodo de celo (Sepúlveda y Rodero, 2002; Sepúlveda y Rodero, 2003).

En el Cuadro 3 se presenta la distribución circadiana de los celos, donde la observación visual detectó el 72,1% de los celos durante el día. En cambio, el medidor de actividad no hace distinción entre el día y la noche, logrando detectar siempre más del 20% de los animales en celo durante los distintos intervalos de tiempo. El medidor registró 83; 83; 68 y 64 animales en celo, respectivamente para cada intervalo de tiempo. Dransfield *et al.* (1998), presentaron una situación similar, al analizar la distribución circadiana de los celos detectados por HeatWatch.

Al analizar la distribución de celos, se observaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) durante el intervalo 1 y 3, pero la mayor diferencia se encuentra durante las primeras 6 horas del día. El medidor de actividad registró 83 animales con incremento de actividad y la observación visual, sólo detectó 7 animales en celo.

Cuadro 3. Distribución circadiana de los celos detectados por observación visual (n= 179)¹ y medidor de actividad (n= 298).

	Intervalo de tiempo (hrs)			
	1 00:01 a 06:00	2 06:01 a 12:00	3 12:01 a 18:00	4 18:01 a 24:00
Método				
Observación visual	3,9% (7) ² a	35,2% (63) a	36,9% (66) b	24,0% (43) a
Medidor de actividad	27,9% (83) b	27,9% (83) a	22,8% (68) a	21,5% (64) a

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$).

(1) Indica la cantidad total de celos detectados por cada método.

(2) Número en paréntesis indica la cantidad de celos detectados en cada intervalo de tiempo.

El menor porcentaje de distribución de la observación visual registrado durante el intervalo 1, es generada por el “tiempo muerto” que existió entre un turno y otro, ya que desde las 3:00 a 6:00 hrs no había detección de celo por personal especializado, solo se encontraba el arreador de los animales, el cual estaba dedicado exclusivamente a su labor, llevar los animales desde los galpones de estabulación a la sala de ordeña. Rara vez reportaba animales en celo, por lo cual esta información no era constante en el tiempo.

Peralta *et al.* (2005), analizaron la distribución circadiana de dos métodos electrónicos detectores de celo. Uno de ellos, es el medidor de actividad, el cuál registró el 42,5% de los celos durante el intervalo 1, lo que difiere al obtenido en este ensayo (27,9%).

Al respecto, Giudice y Murray (2007), establecen la importancia de utilizar un sistema de detección durante la noche, ya que analizaron el medidor de actividad bajo condiciones pastoriles y detectaron el 53% de los celos durante las 19:00 y 6:00 hrs. Durante mismo período, en este ensayo el medidor de actividad registró el 43,3% de los celo.

Las investigaciones antes mencionadas concuerdan que el comienzo de la actividad de celo se inicia durante las últimas horas de la noche, y en las primeras horas de la mañana. En sistemas de confinamiento, aproximadamente el 70% de las montas ocurren entre las 7 pm y 7 am (González *et al.*, 2000).

En general, las vacas parecen ordenar sus actividades de acuerdo al sistema de manejo en el que son mantenidas. Una vaca de alta producción siempre tendrá como primera prioridad comer, luego beber, rumiar, descansar y ser ordeñada. La actividad sexual generalmente presenta una menor prioridad respecto de las anteriores. Los tiempos de ordeña y periodos de alimentación son factores claves que regulan la actividad diaria de los animales (González *et al.*, 2000).

Existen otros factores que disminuyen la presentación de los signos de celo como el tipo de suelo, el espacio libre para caminar, la temperatura, pero uno de los factores más influyentes es el número de vacas que se encuentran en celo en el mismo momento. Si son muchas vacas se puede dar un comportamiento imitativo colectivo que enmascara los celos verdaderos. Estos factores hacen que la detección de celo sea cada vez más complicada y por lo tanto el ganadero debe invertir mayor tiempo en la observación y control de sus vacas reproductoras (Sepúlveda y Rodero, 2002; Sepúlveda y Rodero, 2003).

Una detección poco eficiente, disminuye la producción de leche 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 y Rodero, 2003).

González *et al* (2001 b), realizaron un modelo de optimización de un predio lechero para evaluar los efectos de la eficiencia de detección de celos sobre la rentabilidad en los sistemas productivos lecheros. Los resultados de la modelación señalan que si se pretende aumentar la eficiencia de detección de celos a niveles superiores al 60% utilizando sistemas electrónicos computarizados, se debe evaluar la relación costo beneficio que generaría mejorar la eficiencia de detección de celo a 90%. Porque los sistemas electrónicos requieren una alta inversión de capital.

5.2. Días Abiertos

Los días abiertos es un índice que refleja la eficiencia de detección de celo y la fertilidad del rebaño tanto de las hembras como la de los machos (Jainudeen y Hafez ,2008).

Al analizar los días abiertos (Figura 6), se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0,05$). El mayor lapso parto-concepción lo poseen los animales del tratamiento T2 (187 días). Además, duplican en días abiertos al tratamiento T1 (93 días). Esto podría indicar que el uso del Sistema de Medición de Actividad tiene un efecto negativo en lapso parto-concepción.

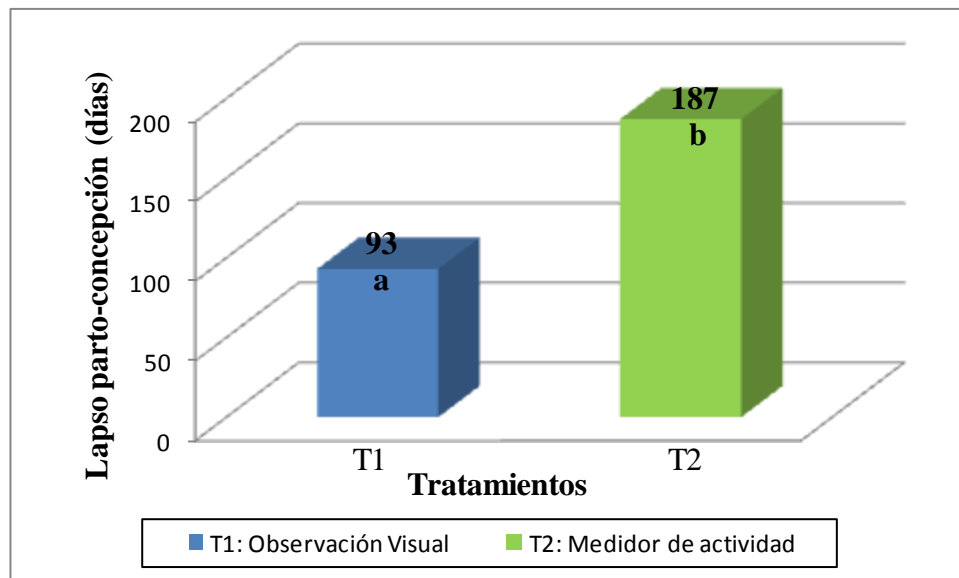


Figura 6. Días abiertos (lapso parto-concepción). Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$).

Idealmente, una vaca debe parir un ternero al año. Para lograr dicho objetivo, por lo menos el 90% de las vacas deben estar ciclando a los 60 días postparto y concebir en el transcurso de los 85 días (días abiertos) (Uribe y Lanuza, 2006; Jainudeen y Hafez, 2008).

Los valores obtenidos, independiente del tratamiento utilizado, resultan insatisfactorios para mantener un lapso interparto (LIP) de 12 meses (un ternero al año). González *et al* (2000), agregan que la mayor rentabilidad se logra cuando el LIP se mantiene entre los 12,5 y 13,2 meses.

Según lo revisado por González *et al.* (2001a). El óptimo económico para los días abiertos es de 86 a 110 días y se estima una pérdida de U\$ 2 a 3 por cada día abierto sobre los 100 días de lactancia.

Jainudeen y Hafez (2008), señalan que los días abiertos pueden reducirse al incrementar la eficiencia de detección de celo. Con el propósito de analizar el efecto de la eficiencia de detección de celo sobre días abiertos, se evaluó la Figura 7.

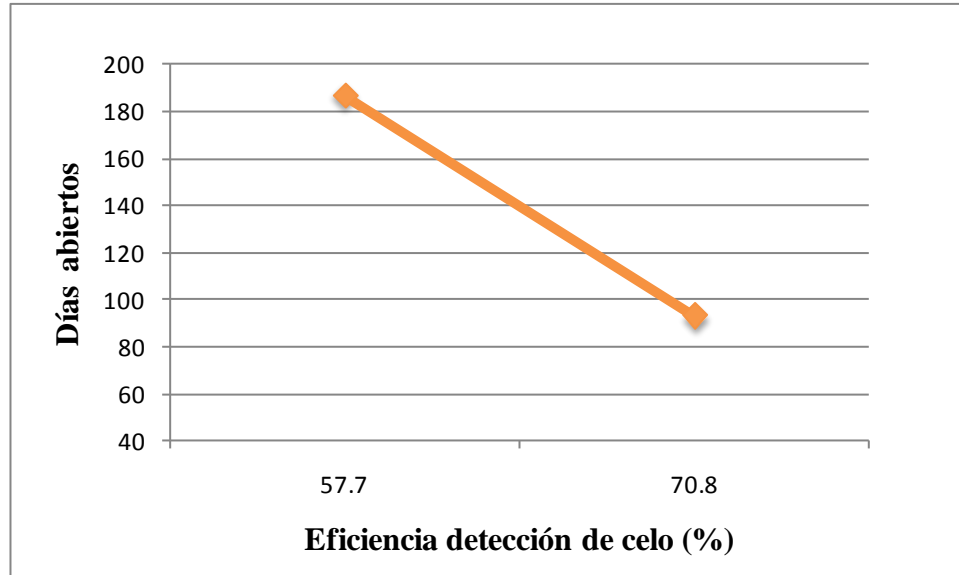


Figura 7. Efecto de la eficiencia detección de celo sobre días abiertos.

La Figura 7, indica que un 57,7% de eficiencia de detección de celo genera un lapso parto-concepción de 187 días, pero si la eficiencia aumenta a 70,8%, el lapso parto-concepción disminuye a 93 días. Esta tendencia concuerda con lo investigado por González *et al* (2000), quienes señalan que existe una correlación negativa entre eficiencia de detección de celo y días abiertos.

Es importante señalar, que cualquier problema que exista con la eficiencia de detección de celo, tasa de concepción e intervalo Parto-1° servicio (días), va a afectar los días abiertos (Capitaine, 2000).

5.3. Tasa de preñez, Tasa de detección de celo y Tasa de concepción

La tasa de preñez mide la rapidez con que una vaca se preña y se expresa como el producto entre la tasa de detección de celo y la tasa de concepción (Figura 8).

$$\text{Tasa de preñez (\%)} = \text{Tasa detección de celo (\%)} \times \text{Tasa de concepción (\%)}$$

Figura 8. Definición de tasa de preñez en función de la tasa de detección de celo y concepción. Adaptado de Contreras, (1998) y Cavestany, (2005).

La Figura 9, muestra el porcentaje de animales cubiertos en 21 días de servicios sobre el total de vacas aptas para ser inseminadas (vacas abiertas). Se define como vaca apta toda aquella que está en condiciones de iniciar una nueva gestación, y que lógicamente ha superado el tiempo de espera voluntaria (45 días), y está ciclando normalmente (Capitaine, 2000).

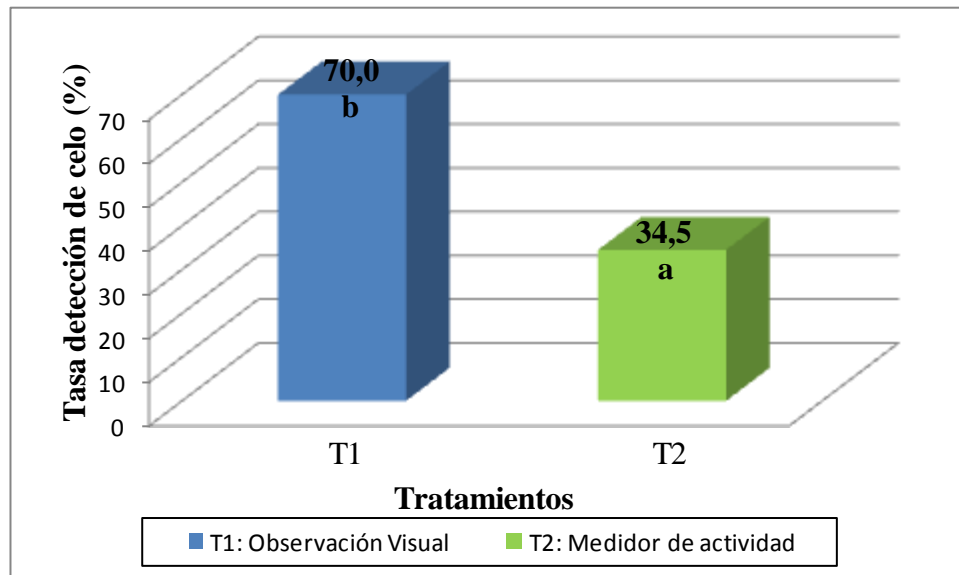


Figura 9. Tasa de detección de celo de cada tratamiento. Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$).

De acuerdo a los resultados expuestos en la Figura 9, se observaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre los tratamientos. El medidor de actividad obtuvo la menor tasa de detección de celo (34,5%), donde sólo se cubrieron 40 animales, de un total de 116. En contraste a la tasa obtenida por la observación visual (70%). La observación visual superó al medidor de actividad en un 49%.

Es importante señalar que es necesario alcanzar tasas de un 70% de detección de celo para mejorar los índices de eficiencia reproductiva (Sepúlveda y Rodero, 2002).

El medidor de actividad no logró detectar el 65,5% de los animales aptos para ser inseminados, debido a que no registró el 42,3% de los celos. En cambio, la observación visual no detectó el 29,2% de los animales que debían haber presentado estro.

En relación a la tasa de concepción, la Figura 10 muestra el porcentaje de animales diagnosticados preñados sobre el total de animales cubiertos. De acuerdo a los resultados expuestos, no se observaron diferencias significativas ($P \geq 0,05$) entre tratamientos, no obstante el tratamiento T2 obtuvo el valor más alto. Al utilizar el medidor de actividad (T2), el 42,5% de los animales cubiertos fue diagnosticado positivo a la palpación (preñado).

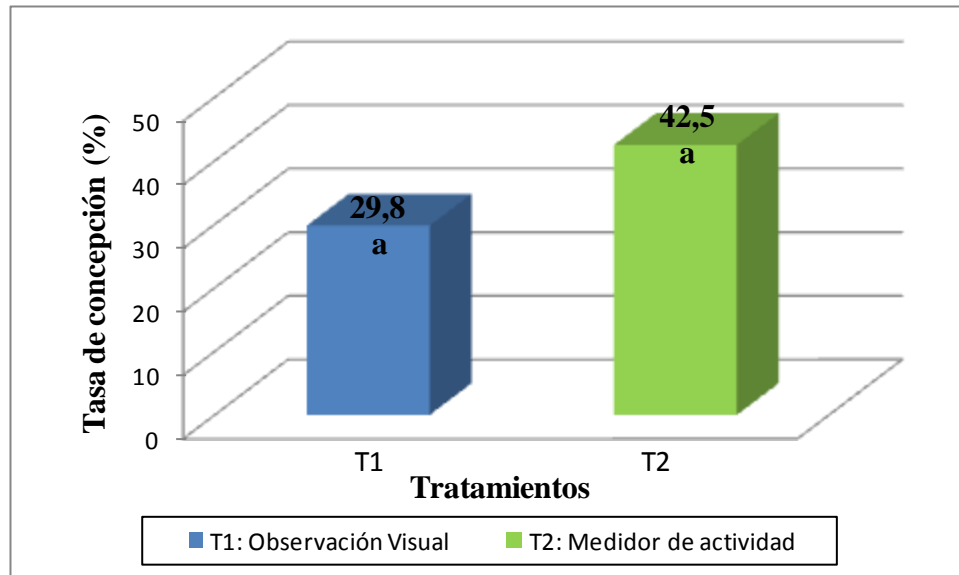


Figura 10. Tasa de concepción de cada tratamiento. Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$).

En un estudio de similar condiciones, Peralta *et al.* (2005), registraron valores inferiores, logrando un 18,5% de concepción al utilizar el método de observación visual, 22,2% de concepción asociado a la detección de celo utilizando el medidor de actividad. Sin embargo, Giudice y Murray (2007), en un estudio con vacas Holstein, empleando los mismos métodos detección de celo, registraron valores similares, logrando tasas de concepción de 42% para las vacas que fueron detectadas en celo por el medidor de actividad y 33% de concepción para aquellas detectadas por observación visual.

A pesar que el medidor de actividad logró tener asociada la mayor tasa de concepción, no obtuvo la mejor tasa de preñez, ya que la tasa de detección de celo utilizando dicho método, fue la más baja del ensayo.

Al comparar las tasas de preñez de los tratamientos, no se observaron diferencias significativas ($P \geq 0,05$). Sin embargo, el tratamiento T1 posee una tasa de preñez superior al 20%, mientras que el tratamiento T2 solo logró preñar el 14,7% de los animales cubiertos (Figura 11).

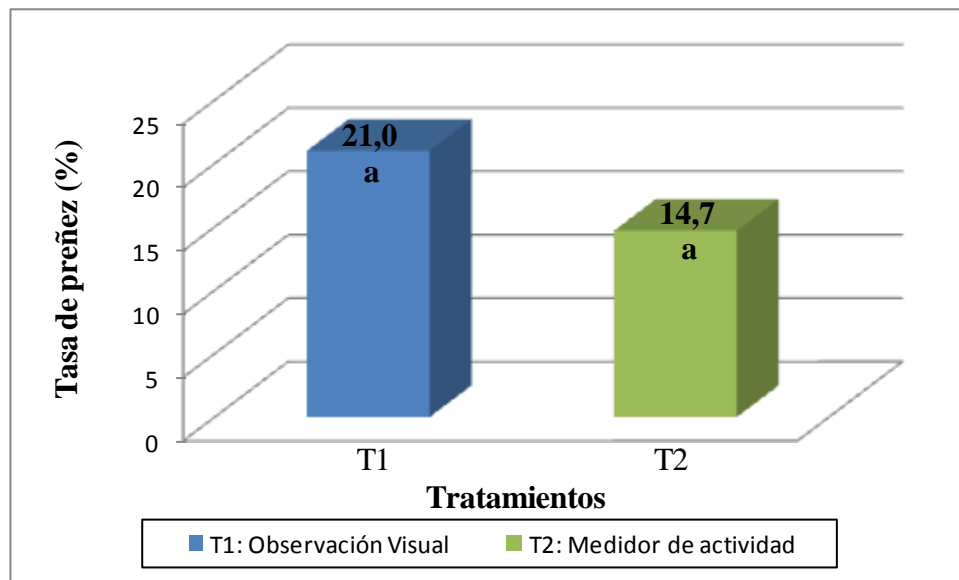


Figura 11. Tasa de preñez de cada tratamiento. Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$).

Al finalizar la temporada de encaste, se calculó el porcentaje total de preñez para cada método. Los resultados obtenidos son bastante bajos, especialmente al utilizar el sistema de Medición de Actividad. Este método deja cerca del 60% de los animales sin preñar. En cambio, al detectar los celos por observación visual, esta cifra disminuye al 52%.

5.4. Índice Coital

El índice coital o también denominado servicios por concepción. Indica el número de servicios que necesita una vaca para quedar preñada. Además, mide con qué grado de eficiencia se está logrando la preñez (Uribe y Lanuza, 2006).

Al comparar el índice coital del tratamiento T1 *versus* el tratamiento T2, no se observaron diferencias significativas (Figura 12). Independiente del método utilizado para realizar la detección de celo, el índice coital fue de 1,6 para ambos tratamientos.

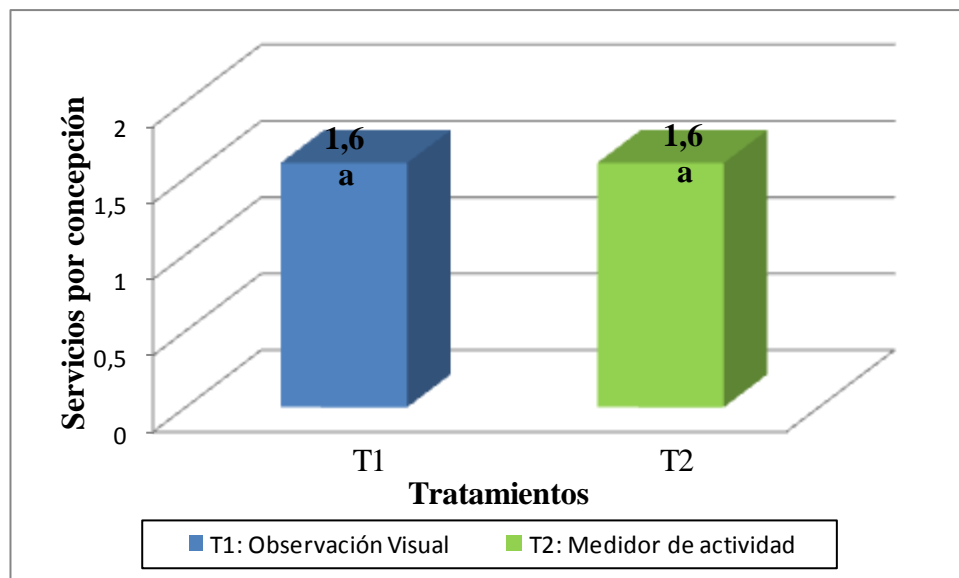


Figura 12. Índice de coital de cada tratamiento. Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$).

Giudice y Murray (2007), señalan que el Sistema de Medición de actividad reduce el índice coital. Es importante señalar que la reducción fue de 3,7 a 1,9 servicios por concepción.

Contreras (1998), indica que un rebaño con trastornos reproductivos presenta un índice coital de 2,4. En cambio, los rebaños sin problemas solo requieren de 1,6 servicios por concepción.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, es posible inferir que los animales del ensayo pertenecen a un rebaño sano, sin trastornos reproductivos.

5.5. Tasa de concepción al primer servicio

En relación a la tasa de concepción al primer servicio (Figura 13), se observaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre el sistema de medición de actividad (T2) y la observación visual (T1). El sistema de medición de actividad presentó un 75% de concepción al primer servicio *versus* un 54% de concepción al primer servicio obtenida en la observación visual. El sistema de medición de actividad superó en un 28% a la observación visual.

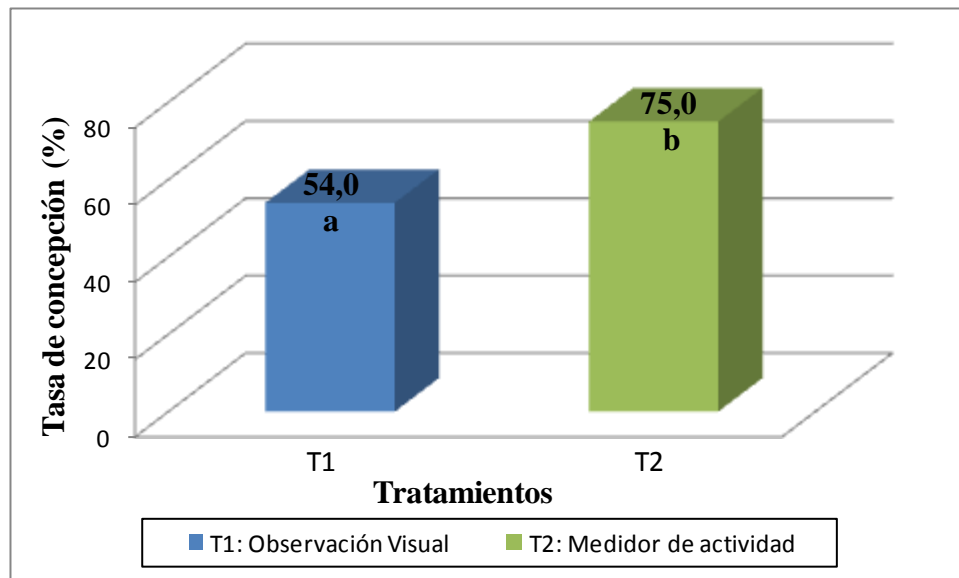


Figura 13. Tasa de concepción al primer servicio. Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$).

Estos valores, independiente del tratamiento analizado, son considerados como satisfactorios para las condiciones nacionales. Melendez y Pinedo (2007), en un ensayo con 187 rebaños Holstein, de la zona centro sur de Chile, registraron una tasa de concepción al primer servicio de 50%, la cual disminuye a medida que aumenta la producción láctea.

El resultado obtenido por el sistema de medición de actividad fue superior al reportado por Rorie *et al.* (2002), quienes analizaron diferentes métodos electrónicos detectores de monta (HeatWatch, MountCount y ShowHeat), registrando en promedio un 70% de concepción al primer servicio.

Para complementar el análisis, la tasa de concepción al primer servicio, se evaluó antes y después de los 60 días postparto.

La Figura 14, muestra la tasa de concepción al primer servicio evaluada antes de los 60 días postparto. Al analizar los resultados, no se observaron diferencias significativas ($P \geq 0,05$) entre tratamientos, presentando igual tasa de concepción al primer servicio. El 50% de los animales cubiertos al primer servicio quedó preñado antes de los 60 días postparto, independiente el método de detección de celo utilizado.

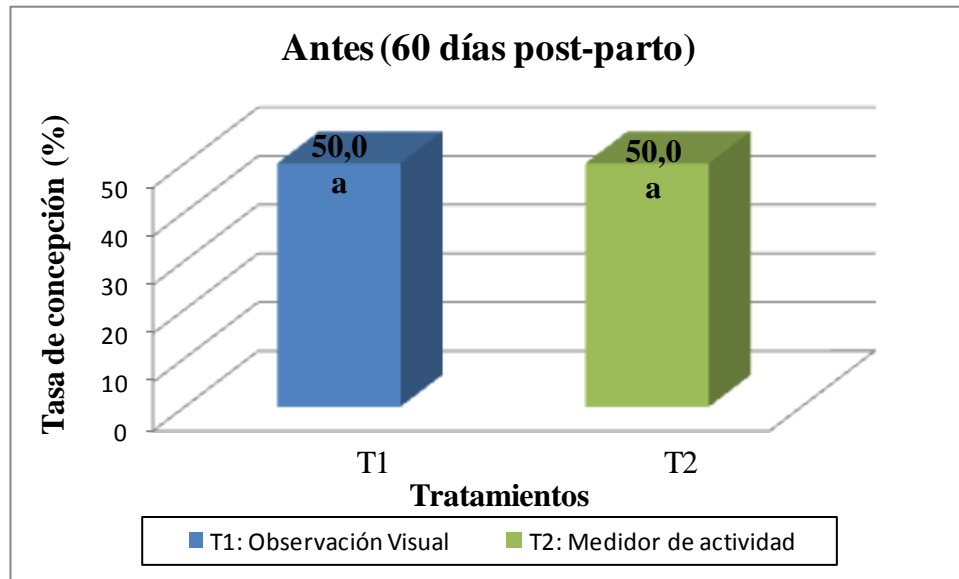


Figura 14. Tasa de concepción al primer servicio, antes 60 días postparto). Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$).

Al analizar la cantidad de animales cubiertos al primer servicio ($n=213$), se observó que el 13% de los animales se inseminaron antes de los 60 días postparto ($n=28$). La Figura 15 muestra la cantidad de animales inseminados al primer servicio según los días postparto. Además, se debe agregar que, el primer servicio se realizó en promedio a los 81 días postparto.

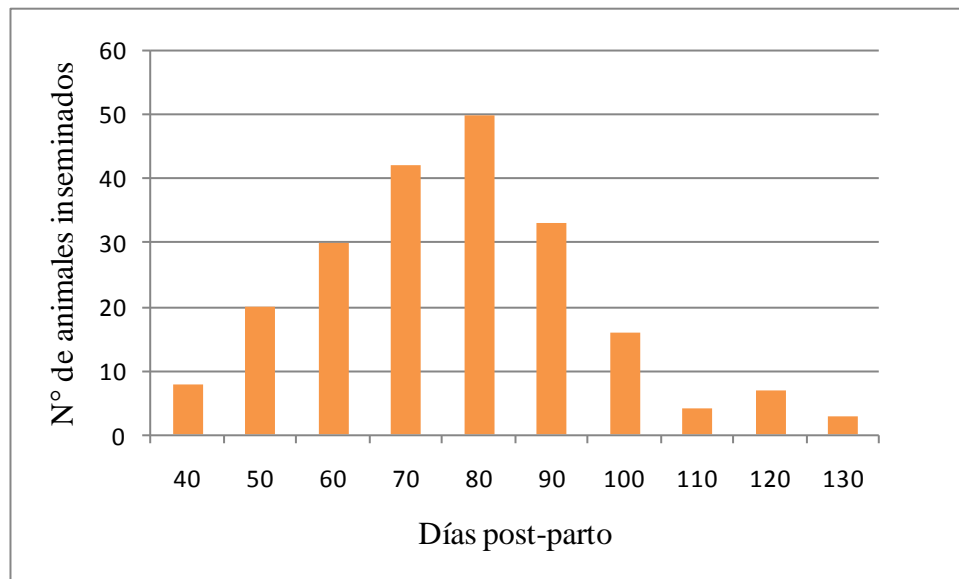


Figura 15. Cantidad de animales inseminados al primer servicio (n=213), según días postparto.

El menor número de animales inseminados al primer servicio es producto de la baja cantidad de celos detectados durante ese periodo. La detección de celo se hace más difícil, porque los animales expresan con menor intensidad los signos de celo durante el balance energético negativo (BEN) (González *et al*, 2001a).

González *et al* (2000), agregan que más del 90% de las vacas presentan un balance energético negativo severo en las primeras semanas postparto. Durante esta etapa, el consumo de materia seca se encuentra deprimido, produciéndose una gran movilización de grasa corporal para suplir el déficit de energía. Esta situación se agrava si la densidad energética de la dieta no es lo suficientemente alta. De ahí la importancia de buscar una estrategia que permita alcanzar un balance positivo dentro de las diez semanas postparto.

La magnitud y duración del BEN, afecta directamente el reinicio de la actividad ovárica postparto, lo que determina el tiempo a la primera ovulación, el lapso parto primer servicio y el porcentaje de fertilidad (González *et al.*, 2000).

Una vez superado el punto más negativo del balance energético, comienza la reactivación ovárica postparto. Por lo tanto, se normaliza la conducta externa del celo. Cavestany *et al* (2001), caracterizaron el efecto del reinicio de la actividad ovárica postparto en la eficiencia reproductiva de vacas Holstein a pastoreo, señalando que el 86,9% de los animales reinició la actividad ovárica a los 60 días postparto. Al respecto, Dransfield *et al.* (1998) indican que la probabilidad de lograr un mayor número de vacas preñadas aumenta, cuando se superan los 100 días postparto.

La situación cambia al analizar la tasa de concepción al primer servicio después de los 60 días postparto. A medida que los días postparto aumentan, los ciclos estrales se normalizan y se observa un mayor porcentaje de celo (Cavestany *et al*, 2001). El pronto restablecimiento de la actividad ovárica, influye positivamente en la tasa de concepción (Latrille, 1993).

La tasa de concepción al primer servicio mejoró para ambos tratamientos después de los 60 días postparto, debido a la reactivación ovárica. Sin embargo, al comparar los tratamientos se observaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$). Al utilizar el medidor de actividad (T2), el 78% de los animales inseminados al primer servicio fue diagnosticado preñado *versus* el 55% logrado al utilizar la observación visual (T1) como método para la detección de celo (Figura 16).

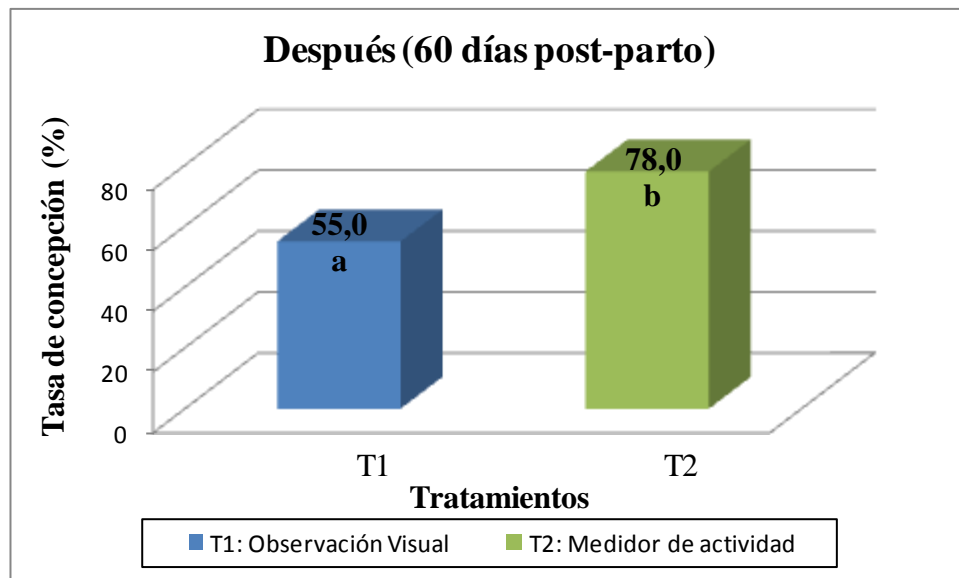


Figura 16. Tasa de concepción al primer servicio, después 60 días postparto). Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$).

De esta manera, es posible inferir que, el medidor de actividad reconoce anticipadamente la reactivación ovárica (normalización de la conducta externa de celo) gracias al patrón de movimientos generado diariamente con los cambios de actividad del animal.

5.6. Retraso del Sistema de Medición de Actividad

El 49% de los celos detectados por el Sistema de Medición de Actividad, se informaron 3,6 hrs. después que el trabajador detectó el animal en celo. Con respecto al retraso en la detección de celo por parte del medidor de actividad, Brehme *et al.* (2008), señalan que el medidor de actividad detectó un día más tarde los animales en celo que el ALT-podómetro, indicando que el principal problema del medidor de actividad es la recopilación de los datos.

Situación similar ocurrió durante el transcurso del ensayo. En varias oportunidades la información entregada por ALPRO Windows, específicamente por el listado de actividad, llegaba 12 a 24 horas después que el trabajador había detectado al animal en celo. Estos animales no se consideraron en el ensayo, porque solo representan el 3% de los animales analizados. La situación anterior se debe tener presente para posteriores investigaciones.

6. CONCLUSIONES

- El Sistema de Medición de Actividad detectó los celos con una eficiencia de 57,7%.
- La observación visual fue más eficiente que el Sistema de Medición de actividad en la detección de celos. Además, reduce los días abiertos y mejora la tasa de detección de celo y preñez.
- El índice coital, independiente del método utilizado, no presenta modificaciones.
- La tasa de concepción mejoró al utilizar el Sistema de Medición de Actividad, especialmente después de los 60 días postparto

7. BIBLIOGRAFÍA

At-Taras, E. and S. Spahr. 2001. Detection and characterization of estrus in dairy cattle with an electronic heatmount detector and an electronic activity tag. *Journal of Dairy Science* 84: 792-798.

Brehme, U., U. Stollberg., R. Holz and T. Schleusener. 2008. ALT pedometer-New sensor-aided measurement system for improvement in oestrus detection. *Computers and electronics in agriculture* 62: 73-80.

Capitaine, A. 2000. Impacto económica de la Eficiencia reproductiva en sistemas lecheros intensivos de la zona central de Chile. Tesis Magister en Producción Animal. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Santiago, Chile. 110p.

Cavestany, D., C. Galina y C. Viñoles. 2001. Efecto de las características del reinicio de la actividad ovárica postparto en la eficiencia reproductiva de vacas holstein en pastoreo. *Archivos de Medicina Veterinaria* 33(2): 217-226.

Cavestany, D. 2005. Manejo reproductivo en vacas de leche ¿Producir o no producir?. Disponible en: www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/revista/2005/119.pdf. Leído el 2 de noviembre de 2008.

CIREN. 2003. Descripciones de suelos, materiales y símbolos Estudio agrológico X región. Tomo I. Publicación N° 123. Centro de Recursos Naturales (CIREN), Santiago, Chile. 199p.

Conover, W., M. Johnson and M. Johnson. 1981. A comparative study of tests for homogeneity of variances, with applications to the outer continental shelf dibbing data. *Technometrics* 23 (4): 351-361.

Contreras, P. 1998. Síndrome de movilización grasa en vacas lecheras al inicio de la lactancia y sus efectos en salud y producción de los rebaños. *Archivos de Medicina Veterinaria* 30(2): 17-27.

Davis, P. 2007. Factores no genéticos que influyen en la producción láctea del holstein americano bajo dos sistemas de producción. X región, Chile. Tesis Magíster en Ciencias Agropecuarias, Mención Producción Animal. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 83 p.

DeLaval. 2005. Libro de instrucciones ALPRO ver 6,50/ Sistema de medición de actividad DeLaval. 70p.

DeLaval. 2006. Manual de instrucciones ALPRO Windows ver 6,60.390p

Dirección Meteorológica de Chile, 2008. Descripción meteorológica de la décima región. Disponible en: http://www.meteochile.cl/climas/climas_decima_region.html. Leído el 20 de diciembre de 2008.

Dransfield, M., R. Nebel., R. Pearson y L. Warnick. 1998. Timing of insemination for dairy cows identified in estrus by radiotelemetric estrus detection system. *Journal of Dairy Science* 81: 1874-1882.

Dunchens, M. y M. De los Reyes. 2004. Ciclo estral de la hembra bovina. Departamento Fomento de la Producción Animal, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias. Apunte docente N°55. 15 p.

Firk, R., E. Stamer, W. Junge and J. Krieten. 2002. Automation of oestrus detection in dairy cows: a review. *Livestock Production Science* 75: 219-232.

Giudice, P. and R. Murray. 2007. Heat detection analysis using an activity meter in grassland system. Disponible en: http://www.milkproduction.com/Library/Articles/Heat_detection_analysis_using_an_activity_meter.htm. Leído el 15 de octubre de 2008.

González, F., A. Capitaine y G. Donoso. 2000. Factores que afectan la eficiencia reproductiva en el ganado lechero Importancia de la detección de calores (I). *Agronomía y Forestal UC* 6: 29-34.

González, F., F. Bas, N. Cáceres y E. Rahaussen. 2001a. Efecto de la sincronización con prostaglandina, en el postparto temprano, sobre el comportamiento reproductivo en vacas lecheras de alta producción. *Ciencia e Investigación Agraria* 28(1):15-22.

González, F., C. Aguilar, G. Donoso, A. Dumas y A. Capitaine. 2001b. Factores relacionados con la fertilidad del rebaño que afectan la rentabilidad en los sistemas intensivos de producción de leche en la región metropolitana. P 239-258. *In: XXVI Reunión Anual SOCHIPA A.G., Libro de Resúmenes. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.*

Ibarra, D. y L. Latrille. 1999. Relación entre balance energético posparto y fertilidad en vacas lecheras de alta producción. *Avances en Producción Animal*. 24 (1-2): 21-30.

Jainudeen, M. and E. Hafez. 2008. pp.159-171. *In: Hafez, B. and E. Hafez (Ed). Reproduction in farm animals. 7th ed. Blackwell Publishing, South Carolina, EEUU. 509 p.*

Latrille, L. 1993. Nutrición y reproducción en la vaca lechera. *Avances en Producción Animal*. 18(1-2): 3-20.

Melendez, P. and P. Pinedo. 2007. The association between reproductive performance and milk yield in Chilean holstein cattle. *Journal of Dairy Science* 90: 184-192.

ODEPA. 2008. Leche: Producción, recepción, precios y comercio exterior. Disponible en: <http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/servlet/contenidos.ServletDetallesScr;jsessionid=54F9C7820E257E53EF4C29266B7E6AB3?idcla=4&idn=309>. Leído el 16 de octubre de 2008

Peralta, O., R. Pearson y R. Nebel. 2005. Comparison of three estrus detection systems during summer in a large commercial dairy herd. *Animal Reproduction science* 87: 50-72.

Roriea, R., T. Bilby and T.Lester. 2002. Application of electronic estrus detection technologies to reproductive management of cattle. *Theriogenology* 57:137-148.

Saumande, J. 2002. Electronic detection of oestrus in postpartum dairy cows: efficiency and accuracy of de DEC (showheat) system. *Livestock Production* 77: 265-271.

Senger, P. 1994. The estrus detection problem: New concepts, technologies, and possibilities. *Journal of Dairy Science* 77: 2745-2753.

Sepúlveda, N. y E. Rodero. 2002. Evaluación de la detección de celo en explotaciones lecheras. *Revista Científica FCV-LUZ* 12: 169-174.

Sepúlveda, N. y E. Rodero. 2003. Comportamiento sexual durante el estro en vacas lecheras. *Interciencia* 28: 500-5003.

Siegel, S. 1956. *Nonparametric statistics for the behavioral sciences*. McGraw-Hill.Tokyo, 312p

SPSS. 1998. Manual del usuario. De SPSS^{MR} base 8.0 para windows Spss Inc. Chicago. 511 p.

Steel, R. y J. Torrie. 1960. *Principles and procedures of statistics with special reference to the biological sciences*. McGraw-Hill. New York. 481 p.

Uribe, H. y F. Lanuza. 2006. Reproducción. pp 97-108. *In: Navarro, H., E. Siebald y S. Celis (Eds). Manual de producción de leche para pequeños y medianos productores. Boletín INIA N° 148. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Osorno, Chile.170 p.*

Van Knegsel, A., H. Van Den Brand., J. Dijkstra., S. Tamming and B. Kemp. 2005. Effect of dietary energy source on energy balance, production, metabolic disorders and reproduction in lactating dairy cattle. *Reproduction Nutrition Development* 45: 665-688.

Xu, Z., D. McKnight, R. Vishwanath., C. Pitt y L. Burton. 1998. Estrus detection using radiotelemetry or visual observation and tail painting for dairy cows on pasture. *Journal of Dairy Science* 81: 2890-2896.

Wainstein, A., A. Bernal, M. Iriundo y A. Luco. 2001. HeatWatch, Sistema electrónico de detección de celo evaluado en hembras holstein Frisian. Archivos de Zootecnia 50: 403-406.

Zar, J. 1974. Biostatistical analysis. Prentice Hall Inc., New Jersey, 620 p.