

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**

**FACULTAD DE VETERINARIA**

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES MÉTODOS PARA LA DETECCIÓN DE CELOS  
EN VACAS LECHERAS  
CPLLARES ELECTRÓNICOS VS. DETECCIÓN VISUAL**

**por**

**Florencia DE LA PEÑA  
Jimena FERREIRA**

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

**MODALIDAD:** Estudio de caso

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2013**

## PÁGINA DE APROBACIÓN

Tesis de grado aprobada por:

Presidente de mesa:

\_\_\_\_\_

Dr. Carlos Morón

Segundo Miembro (Tutor):

\_\_\_\_\_

Dra. Daniela Crespi

Tercer Miembro:

\_\_\_\_\_

Dr. Rodolfo Ungerfeld

Cuarto Miembro (cotutor):

\_\_\_\_\_

Dr. Daniel Cavestany

Fecha:

\_\_\_\_\_

Autores:

\_\_\_\_\_

Florencia de la Peña

\_\_\_\_\_

Jimena Ferreira

## AGRADECIMIENTOS

A Dra. Daniela Crespi por su dedicación y por todo el apoyo que nos brindó durante la realización de todo el trabajo.

Al personal del Campo Experimental n° 2 de Facultad de Veterinaria, por su colaboración.

A nuestras familias y amigos por su invaluable apoyo.

## TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN .....	1
AGRADECIMIENTOS .....	3
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS .....	5
RESUMEN .....	6
SUMMARY .....	7
INTRODUCCIÓN .....	8
REVISION BIBLIOGRAFICA. ....	9
1. Comportamiento estral .....	10
2. Factores que afectan el comportamiento estral .....	12
3. Detección de celos .....	16
3.1. Detección de celo de forma visual .....	16
3.2. Métodos que aumentan la eficiencia en la detección de celo .....	17
Registros .....	17
Pintura en la base de la cola .....	18
Dispositivos detectores de la presión de monta.....	18
Detectores electrónicos de la presión de monta.....	18
Sistema de vigilancia mediante videocamara .....	19
Animales detectores .....	19
Métodos que miden cambios en la temperatura corporal o de la leche.....	20
Detección de progesterona en sangre o en leche .....	20
Medición de la resistencia eléctrica vaginal .....	20
Sistemas electrónicos que miden la actividad .....	21
a) Podómetros.....	21
b) Collares.....	22
OBJETIVOS .....	24
MATERIALES Y MÉTODOS .....	25
Bovinos.....	25
Equipo .....	26
Detección de celo por método electrónico.....	26
Detección de celo por método visual .....	27
Recolección de datos .....	27
RESULTADOS.....	28
DISCUSIÓN .....	31
CONCLUSIONES.....	34
BIBLIOGRAFÍA .....	35

## LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

Figura 1. Celos totales detectados de forma visual, celos electrónicos y sus coincidencias.....	29
Figura 2. Etapa 1. Detección de celo visual, celos electrónicos y sus coincidencias .....	30
Figura 3. Etapa 2. Detección de celo visual, celos electrónicos y sus coincidencias.....	30
Cuadro 1. Valores de detección de celos por los dos métodos.....	31

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue comparar la detección de celos por el método tradicional de observación con un sistema de collares electrónicos. Se utilizaron 81 vacas de raza Holando en lactación con dos ordeños diarios. Al comenzar el estudio se colocaron 50 collares Heatime HR® para la detección de celos. Los collares monitoreaban continuamente la conducta diaria de las vacas, mediante un índice de actividad. Si se detectaban cambios en los niveles de actividad, el sistema alertaba al usuario y se identificaba la vaca en celo. Para el método tradicional de detección visual se realizaron dos períodos de observación de media hora cada uno diariamente y se identificaban las vacas que aceptaban la monta, comportamiento utilizado como signo determinante de celo. Se registraron un total de 192 eventos (celos) detectados por ambos métodos. Cuando los animales fueron detectados en celo visualmente, la actividad se encontraba siempre aumentada. El porcentaje de detección para celo electrónico con respecto a la observación visual fue de 83%. La Sensibilidad Relativa y Especificidad Relativa, de detección electrónica con respecto a detección visual fue de 0,83 y 0,99 respectivamente. El sistema Heatime HR® proporciona un control permanente de la actividad de la vaca y también puede llegar a aumentar la precisión de los celos detectados, dependiendo de la habilidad de la persona encargada de las detecciones visuales. El uso de la herramienta Heatime HR® es de utilidad como complemento de un programa de detección visual, aunque no debiera ser considerada como sustituto de la observación.

## SUMMARY

The aim of this study was to compare estrus detection by the traditional method of visual observation with a system of electronic collars. We used 81 lactating Holstein cows milked two times per day. 50 collars Heatime HR ® were placed for the detection of estrus at the beginning of the study. Collars continually monitored the daily conduct of cows, using an activity rate. If changes in activity levels were detected, the system alerted the user and identified the cow in heat. The traditional method of visual detection consisted on two daily observation periods of half an hour each and acceptance of the mount was used as determinant demeanor. There were a total of 192 events (heats) detected by both methods. Animals visually detected in heat showed an increase in activity. Electronic heat detection percentage regarding visual observation was 83%. Relative sensitivity and relative specificity of electronic detection with respect to visual detection was 0.99 and 0.83 respectively. Heatime HR ® system provides a permanent control of the activity of the cow and can also increase the accuracy of heats detections, depending on the skill of the person in charge of visual detections. Heatime HR ® is an useful tool as a complement to a program of visual detection, but it should not be considered a substitute for visual observation.

## INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años el sector lechero se ha tornado cada vez más intensivo, logrando altos niveles de producción. Se han seleccionado los rodeos bovinos en base a una mayor producción de leche sin tomar en cuenta el desempeño reproductivo. Esto ha llevado a obtener una relación inversa entre producción de leche y reproducción (Butler, 2001). El aumento en la producción de leche ha causado una disminución de 1% anual en la tasa de parición al primer servicio en el Reino Unido (Royal y col., 2000). Por ende el comportamiento sexual de las vacas se ha visto afectado, demostrando menores signos visibles de celo y a su vez periodos de estro más cortos (Royal y col., 2000), debido a una disminución de la concentración de estradiol en sangre lo que provoca estros menos intensos y más cortos (Wiltbank y col., 2006). Esta situación ha aumentado los problemas asociados con la detección de celos y por ende la identificación del momento óptimo para la inseminación (Holman y col., 2011). En este contexto muchos autores coinciden en que el fracaso en la detección de celos es uno de los problemas más importantes para obtener una óptima eficiencia reproductiva, lo cual lleva a buscar otras herramientas que colaboren en la detección visual de celo.

Estas herramientas complementan pero no reemplazan la observación visual. Las ayudas a la detección de celos pueden ser clasificadas en: métodos detectores de pasividad de monta, métodos basados en la medición de la actividad física, métodos detectores de cambios no visuales y métodos basados en el control del ciclo estral (Marcantonio, 1998).

Los métodos basados en la medición de la actividad física son dispositivos automatizados que detectan el incremento de la actividad de la vaca, que coinciden con el celo. Se utilizan dos tipos de dispositivos: los podómetros, que miden y registran automáticamente la cantidad de pasos y los collares, que miden y registran los movimientos del cuello. En estos sistemas los datos son leídos y registrados en una computadora cuando la vaca ingresa a la sala de ordeño. De esta manera la cantidad de pasos o movimientos del cuello que da la vaca entre ordeños son registrados y comparados con los registros propios de los últimos días. Existen muy pocos trabajos que evalúen la eficiencia y exactitud de estos dispositivos electrónicos en condiciones pastoriles.



## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

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 (Peters y Ball, 1991). Este se divide en una fase folicular que comprende proestro y estro y una fase luteal que comprende metaestro y diestro.

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 es iniciado por cambios hormonales que desencadenan el comportamiento estral e influyen sobre el tracto reproductivo y la biología del animal en su conjunto. Este se manifiesta cuando la hembra es receptiva a los avances sexuales del macho o a la monta de otra vaca. Esta conducta y demás comportamientos sexuales son determinados por un incremento de las concentraciones de estradiol producido por un folículo preovulatorio y por la caída de los niveles de progesterona (P4) por lisis del cuerpo lúteo (Roberts, 1979). El celo de la vaca se manifiesta cuando los estrógenos en sangre alcanzan un umbral crítico diferente para cada vaca individual. Los estrógenos son los responsables de provocar un aumento del tono uterino, edema de vulva y producción de moco cervical. Estas hormonas además de provocar la conducta estral desencadenan un pico de hormona luteinizante (LH). Entre el inicio del estro y el pico de LH transcurren 2 a 6 horas y en algunos casos estos eventos pueden ocurrir simultáneamente. La ovulación ocurre 28 a 30 horas después del pico de LH, es decir 30 a 36 horas después del inicio del estro (Roberts, 1979). En las hembras bovinas el período del estro dura alrededor de 18 horas, sin embargo algunos celos pueden ser más cortos llegando hasta las 7 horas (Cavestany y col., 2008).

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 relacionado 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).

## **1. Comportamiento estral**

Una hembra bovina en el período de estro presenta ciertos cambios físicos y de comportamiento que lo caracterizan, estos pueden ser expresados por la vaca sola o al interactuar con otras vacas. La recepción a la monta es el comportamiento más habitual para determinar que una vaca está en celo. Según Roelofs y col. (2005) el 90% de las vacas montan durante el estro y un 56% se dejan montar moviéndose. Según algunos autores la intensidad del celo se determina mediante el número de veces que la vaca se deja montar por unidad de tiempo y la duración de cada una de las montas. Todos los celos no se expresan con igual claridad; se consideran celos de baja intensidad aquellos en que el número de veces que la vaca permanece quieta es menor de 1,5 veces en una hora y aquellos que se manifiestan durante menos de 7 horas (Rodero y Sepúlveda, 2003). Investigaciones han demostrado que el promedio de vacas en celo son montadas aproximadamente 4 veces por hora con una duración de monta de aproximadamente 7 segundos (Gray y Varner, 1980). Las vaquillonas demuestran una gran actividad de monta mientras que las vacas adultas prefieren olfatear y apoyar el mentón con más frecuencia (Fernández y col., 2006). La monta y el reflejo de pasividad decrecen de modo casi lineal (Matthew, 2009).

Durante el estro se da un aumento de actividad, la vaca se encuentra inquieta, levanta las orejas, incrementa la interacción con otras vacas, formación de grupo sexualmente activo donde se montan entre ellas. Estos grupos son una clara indicación que al menos un animal se encuentra en celo dentro del grupo.

Topeteo, esto se considera cuando las vacas se golpean o encuentran cabeza contra cabeza, tanto vacas como vaquillonas realizan por lo menos un topeteo durante el estro (Rodero y Sepúlveda, 2003).

Se olfatean y se lamen en la región anogenital; estudios realizados en el país afirman que las vacas durante el proestro olfatean a otro animal, y durante el estro el 90% de los animales realiza esta acción. A su vez durante el estro las vacas son olfateadas por una compañera (Fernández y col., 2006).

Las hembras durante el período del estro disminuyen el apetito, reducen el tiempo de rumia y por ende disminuyen la producción de leche (Rodero y Sepúlveda, 2003).

Existen signos secundarios, que se manifiestan en una vaca en estro. Todas las vacas adultas apoyan el mentón sobre otro animal, sin embargo en vaquillonas el número de animales que demuestra este signo secundario es menor. Las vaquillonas durante el proestro dejan que se les apoye el mentón por otro animal, mientras que en las vacas adultas este signo se ve más frecuentemente en el estro. Otro signo secundario es flehmen, esta actitud se observa cuando el animal retrae su labio superior olfateando al viento. Este signo en vacas adultas se observa durante el estro, sin embargo en vaquillonas esta actitud se realiza más frecuentemente durante el proestro (Rodero y Sepúlveda, 2003). También se observa aumento de frecuencia de la micción; leve aumento de la temperatura corporal, la cual puede llegar a verse reflejada en la leche (Fernández y col., 2006).

La vulva se presenta con secreción mucosa clara filante, una vez expuesto al aire esta secreción se seca rápidamente, por lo tanto encontrar moco seco sobre la cola es tan buen síntoma secundario como ver un flujo de moco claro y viscoso saliendo por la vulva. La vulva toma una apariencia edematosa e inflamada y al abrir los labios la vagina se observa congestiva y altamente humedecida cuando la vaca se encuentra en celo. La base de la cola se presenta elevada (Coleman, 1993; Nebel, 2013).

El rizado y raspado de la grupa se produce cuando una vaca se desmonta de otra y ejerce presión sobre los huesos del anca y esta acción repetida produce peladuras rojas e inflamadas. Esto resulta en uno de los síntomas secundarios más confiable del celo (Nebel, 2013).

Algunas vacas pueden aparentar estar sudadas cuando están en el período del estro, este signo es frecuentemente ignorado para describir una vaca en celo (Nebel, 2013).

Tanto las vacas como las vaquillonas comienzan el comportamiento estral con topeteos, olfateo de vulva, flehmen y apoyo de mentón, para luego comenzar a montar y por ultimo aceptar la monta.

Mientras que en las vacas las actividades están más concentradas en el estro, en las vaquillonas, probablemente por su inexperiencia, están más divididas entre el estro y proestro. También existe una mayor duración de los signos apoyo de mentón y olfateo de vulva al comparar vacas primíparas con múltiparas (Roelofs y col., 2005).

La presencia de descarga sanguinolenta en el moco usualmente significa que esa vaca tuvo un alto pico de estrógenos en los días anteriores, por lo tanto indica que la vaca estuvo en celo hace uno a tres días, encontrándose en metaestro (Nebel, 2013).

## **2. Factores que afectan el comportamiento estral**

Existen múltiples factores que varían la intensidad y duración de los celos, dentro de estos se encuentran factores propios de la vaca (raza, número de lactancia, producción de leche, cojeras, días postparto), factores ambientales (efecto macho, nutrición, clima, hábitat, tamaño del rodeo, grupo sexualmente activo, manejo, momento del día) entre otros, lo cual hace difícil confeccionar un patrón y establecer comparaciones con resultados de otros autores (Rodero y Sepúlveda, 2003).

### **2.1. Factores propios de la vaca**

#### *Raza.*

La duración de la receptividad sexual y la intensidad del estro son más altos para Bos Taurus que para Bos Indicus (Roelofs, 2010). En general los animales de la raza Jersey presentan celos de mayor actividad y duración que las Holstein (Nebel, 2013). El grado de expresión del estro tiene una heredabilidad baja, de 0.21 y varía

de forma individual entre vacas e incluso en una misma vaca de un estro a otro (Roelofs, 2010).

### *Número de lactancia (edad)*

En vaquillonas y vacas primíparas los celos son más cortos que en vacas múltiparas (Fernández y col., 2006). Según Roelofs (2010) el aumento de actividad es mayor en vacas primíparas en comparación con múltiparas, esto es debido a que las primíparas tienen un mayor período de tiempo expresando olfateo de vulva y apoyo de mentón. Sin embargo la recepción a la monta, indicador principal que la vaca esta en celo, aumenta con la edad.

### *Producción de leche*

Estudios demuestran que la duración del celo y la actividad durante el mismo decrecen a medida que aumenta la producción de leche, por ello el comportamiento de celo es más difícil de registrar en vacas lecheras de alta producción (Matthew, 2009). Vacas con mayor producción de leche (> 39,5 kg/día) tienen una concentración de estradiol en suero inferior durante el estro y la duración del mismo es menor en comparación con vacas con menor producción de leche (< 39,5 kg/día) (Roelofs, 2010; López y col., 2004). Un aumento de un kilo en la producción de leche se asocia con una disminución de 1,6% en los cambios de actividad en vacas en estro (López-Gatius y col., 2004). Esto puede estar dado porque animales de alto rendimiento pueden pasar más tiempo sin movimiento mientras se alimentan y pueden estar durante más tiempo rumiando, debido a sus mayores requerimientos nutricionales (Holman y col., 2011). Wiltbank y col. (2006) sugieren que el elevado metabolismo de las vacas lecheras de alta producción puede comprometer el folículo preovulatorio o puede llevar al rápido metabolismo del estradiol en sangre y así reducir la expresión del celo.

### *Cojeras*

Están clásicamente asociadas con la reducción en la intensidad de los signos de celo. La menor expresión de celo en vacas con afecciones podales puede ser explicada porque las vacas cojas dedican menos tiempo a montarse y a caminar como consecuencia del dolor en los miembros. Esto hace que estén mayor tiempo en decúbito, por lo tanto es menor la probabilidad de expresar el celo (Nebel, 2013).

Un estudio reportó una reducción general de aproximadamente 37% en intensidad de celo para vacas cojas. El número de montas recibidas en vacas con laminitis disminuye hasta en un 70% (Matthew, 2009).

## 2.2. Factores ambientales

### *Efecto macho*

El intervalo desde el inicio del estro a la ovulación (determinado por palpación rectal) es de 7,7 horas en vaquillonas con monta de un toro vasectomizado y de 9,9 horas en vaquillonas no montadas (Cavestany y col., 2008).

### *Nutrición*

El factor más relacionado con el desempeño reproductivo es la nutrición. Las funciones reproductivas solo serán activadas cuando la demanda de nutrientes tanto para mantenimiento, crecimiento y reserva hayan sido superadas, por lo tanto un balance energético negativo, o una mala nutrición afectan contrariamente la expresión del celo (Granja y col., 2012). La presencia de micotoxinas especialmente vomitoxina y zearalenona reducen o suprimen la expresión del celo (Nebel, 2013).

### *Clima*

Un período muy prolongado de alta temperatura (> 27°C), puede generar estrés calórico acompañado de una menor intensidad del estro y reduciendo su duración a 5 o 6 horas (Catalano y Callejas, 2001). A su vez las lluvias, vientos intensos o alta humedad también pueden reducir los signos del comportamiento sexual (Roelofs, 2010).

### *Hábitat*

El tipo de piso afecta la expresión del celo. Estudios demuestran que las vacas disminuyen la expresión del celo cuando se encuentran en superficies de cemento comparadas con vacas que se encuentran en pastoreo (Fernández y col., 2006; Palmer y col., 2010). La duración y el número de aceptaciones a la monta son mayores en vacas sobre piso de tierra comparadas con vacas en piso de concreto (13,8 h vs. 9,4 h y 7 vs. 3,2 veces) (Nebel, 2013).

### *Tamaño del rodeo*

Cuanto mayor sea el número de animales mayor será la interacción entre ellos, sin embargo algunos autores sugieren que vacas dominantes pueden inhibir al resto de las vacas. La posibilidad de formar grupos sexualmente activos aumenta cuando el número de animales es mayor (Roelofs, 2010). Por otro lado debemos tener en cuenta que grupos muy grandes dificultan la detección de celo, además en rodeos muy grandes en confinamiento hay hacinamiento y este reduce la expresión de celo por limitar el espacio disponible para la formación e interacción del grupo sexualmente activo (Nebel, 2013).

### *Grupo sexualmente activo*

El período de celo, el número de montas y por ende el comportamiento sexual en general aumenta cuanto mayor cantidad de vacas en celo haya (Fernández y col., 2006). Debido a esto es que la sincronización de celos puede aumentar las tasas de detección habiendo mayor cantidad de animales en celo al mismo tiempo (Matthew, 2009). Cada vaca adicional en celo simultáneamente ha sido asociada con un 6% de incremento de actividad (Nebel, 2013).

### *Actividades para manejar el ganado*

Las actividades que se realizan comúnmente en los tambos como el arreo, la espera para ingresar a la sala de ordeño, el ordeño propiamente dicho, la forma de alimentación, limpieza de instalaciones y tratamientos específicos que se le realizan a las vacas pueden resultar estresantes y reducir las manifestaciones del celo (Dransfield y col., 1998). Además condiciones que distraen o asustan al ganado o aquellas que inhiben las interacciones sociales normales, también reducen la expresión del celo (Matthew, 2009).

### *Momento del día*

De acuerdo a diferentes estudios la hora del día de comienzo del estro o de la primera monta aceptada, así como la distribución de las monta durante el día son muy variables (Cavestany y col., 2008). Según Brehme y col. (2004) la mayoría de los celos comienzan en la noche entre la 19:00 y 7:00 horas.

### **3. Detección de celos**

Varios métodos han sido desarrollados para facilitar la detección de celos, estos métodos se enfocan en lo físico, en el comportamiento y en signos fisiológicos asociados al celo (Taras y Spahr, 2001).

#### **3.1. Detección de celos en forma visual**

Tradicionalmente la detección de celos se realiza de forma visual y resulta ser una labor tediosa en el manejo del tambo. Comúnmente el signo visual más utilizado y fiable del estro es cuando la vaca es montada y queda inmóvil (Kerbrat y Disenhaus, 2003), no tomándose en cuenta en la mayoría de los casos otros signos de celo lo cual hace menos eficaz su detección. La eficacia en la detección visual es a menudo menor al 50% (Brehme y col., 2007). Los productores que lo hacen mejor solo detectan entre dos tercios y tres cuartas partes del total de vacas en celo.

La observación de los signos de celo debería hacerse cuando no hay otra actividad en el tambo. Los periodos de celo pueden ser de longitud variable y comenzar en cualquier momento por lo que para realizar una detección precisa de celos debe observarse a las vacas frecuentemente. Cuando se realiza la observación continua, durante 24 horas, se logra un 100% de detección (Marcoot y Garverick, 1992). El monitoreo continuo en un tambo no suele ser una opción viable, sin embargo 5 periodos de observación de 30 minutos a lo largo del día en momentos que no coincidan con la alimentación o el ordeño detecta el 86% de los estros (Holman y col., 2011). Realizando únicamente dos periodos de observación de 30 minutos, práctica más común en nuestros tambos, el porcentaje de estros detectados baja significativamente pasando a ser de un 63% (Holman y col., 2011). Las vacas con signos débiles de celo o con celos cortos pueden pasar fácilmente inadvertidas. Un sistema de registros puede ayudar a detectar este tipo de vacas, donde se debe incluir fecha de último celo, fecha de último parto, diagnóstico de gestación y tratamientos (Marcoot y Garverick, 1992).

Aproximadamente el 10% de los motivos de celos no detectados es atribuido a problemas de la vaca, mientras que el 90% se puede atribuir a problemas de manejo y personal encargado de la detección. Los problemas generalmente relacionados a la vaca son: anestro, quistes lúteos o foliculares, piometra, señales



débiles de estro, corta duración del estro conductual, e intervalos estrales irregulares. Dentro de los problemas relacionados al manejo se encuentran: pocas observaciones diarias, observaciones en momentos equivocados del día —durante el ordeño o cuando la vaca es alimentada—, poco tiempo observando a la vaca y falta de conocimiento de los signos primarios y secundarios del estro (Coleman, 1993).

Se ha reportado que en rodeos lecheros un 44% de vacas que se encuentran en celo pasan desapercibidas por el encargado de la detección de celo (fallas en la intensidad o eficiencia de detección) y que un 11% de animales en anestro son considerados en celo (fallas en la seguridad o exactitud de detección) (Ducrot y col., 1999).

El principal factor que dificulta la detección de celo es que la mayoría de los celos comienzan en la noche (Brehme y col., 2004), a esto se suma la presencia de 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. 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 horas, 10,8% entre las 6-12 horas, 36,2% entre las 12-18 horas y 20,8% entre las 18 y 24 horas (Cavestany 2002, datos no publicados).

### 3.2. Métodos que aumentan la eficiencia de detección de celo

#### *Registros*

Un buen sistema de registros es una de las herramientas más valiosas en cualquier programa de detección de celos, debido principalmente a que aumentará la precisión de las decisiones a tomar, deben registrarse todos los celos aunque no se tome la decisión de inseminar. Esto permite identificar vacas que han presentado celos a destiempo, y así ser palpadas en busca de síntomas secundarios que confirmen la decisión de inseminar o no el animal (Nebel, 2013).

### *Pintura en la base de la cola*

Se utilizan tizas para realizar una marca sobre la base de la cola de 20 a 30 cm de largo en los animales elegibles a entrar en celo. La monta repetida de los animales en celo borra paulatinamente dicha pintura, lo cual es medido en una escala de 5 (intacta) a 0 (borrada completamente) (de la Sota, 2000). Se consta de escasa investigación para determinar el mejor uso de tiza o pintura en la cola, sin embargo esta parece estar casi tan en vigencia como detectores de monta a presión (parches), siendo las tizas más económicas (Varner, 1981). El punto crítico de este método es aprender qué grado de pintura es compatible con el celo (Fernández y col., 2006). Dentro de las desventajas de este método se encuentran que las vacas necesitarían ser re-tizadas a menudo y que el falso borrado de la tiza puede ocurrir debido al frotamiento por motivos no relacionados al celo (Varner, 1981).

### *Dispositivos detectores de la presión de monta*

Este tipo de detector se pega en la base de la cola de la vaca y este es activado por el peso de otra vaca montando a la vaca que tiene adherido el detector (Varner, 1981). Estos sensores indican la ocurrencia de monta a través de cambios de color del dispositivo; emisión de luz o emisión de señal de radiofrecuencia a una computadora. Estos métodos presentan las mismas desventajas de la detección por tiza y/o pintura en la cola que son los falsos positivos.

### *Detectores electrónicos de la presión de monta (HeatWatch)*

Estos dispositivos han sido desarrollados para monitorear en forma continua la frecuencia y duración de las montas que sufren los animales en celo. Están constituidos por un sensor radiotelemétrico que se le pone a cada vaca, que detecta la presión y que contiene un pequeño transmisor de onda, las señales son transmitidas y recibidas por una antena y se envían a un receptor. El sensor se activa por la presión durante un mínimo de 2 segundos el cual produce una onda de radio que se transmite al receptor. Este puede estar acoplado a un microordenador que contiene un software que genera informes y archivos individuales de las vacas. Se generan dos listas: 1) *estros sospechosos*: son vacas que recibieron 3 montas dentro de un intervalo de tiempo definido por el usuario; 2) *estros*: vacas que recibieron más de 3 montas dentro de un intervalo de 4 horas (Kastelic, 2001). En 1998 Xu y col.,

informan una eficiencia y precisión de 91,7 y 100% respectivamente para la detección del estro del sistema HeatWatch; y una eficiencia y precisión de 98,4 y 97,6% para la detección de celo en forma visual. A su vez se obtuvo una tasa de concepción similar para inseminación artificial luego de la detección del estro con HeatWatch (65,8%) y detección en forma visual (65%) (Xu y col., 1998). Esto no difiere demasiado con estudios similares en los cuales la eficiencia fue del 94% y la exactitud del 95% para el método HeatWatch (Kastelic, 2001). Otros autores afirman que la exactitud de esta metodología es muy similar a la que se obtiene con detección visual (de la Sota, 2000). El sistema HeatWatch presenta la misma precisión de detección de celo tanto para sistemas pastoriles como en condiciones de confinamiento (Walker y col., 1995).

#### *Sistema de vigilancia mediante videocámara*

Las películas o videos pueden utilizarse para la detección de animales en celo, los animales deben estar en un recinto relativamente pequeño para así ser captados por las videocámaras. Las actividades que estos realizan pueden ser vistas a alta velocidad y aminorar en el momento de la monta para identificar el animal de interés (Peters y Ball, 1991). Este tipo de sistema permite la observación continua de las vacas y almacenar dichas filmaciones de video para detectar animales en celo. Este método permite la detección del 80% de los estros en comparación con el 68,6% que se detectan en observación visual directa (4 observaciones diarias durante 10 minutos cada una). Si se combina ambos métodos, detección por video y detección visual directa, las tasa de detección aumentan a un 88,6% (Bruyére y col., 2011). Bruyére en el 2011 concluye que el sistema de vigilancia por video puede reemplazar la detección de celo por observación visual directa; a su vez afirma que estos sistemas son relativamente económicos y se pueden utilizar para otros fines además de la detección de celo tales como vigilancias de parto.

#### *Animales detectores*

Existen dos tipos de animales detectores: *retarjos* (toros quirúrgicamente alterados) y animales tratados hormonalmente. Los toros preparados quirúrgicamente ya sean vasectomizados o con desviación de 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 animales con desviación de pene presentan la

ventaja frente a los vasectomizados que no actúan como transmisores de enfermedades venéreas ya que no realizan la copula (Peters y Ball, 1991). Otra ventaja sería un estro más intenso desplegado por las vacas presentadas a un toro. Vacas, vaquillonas o novillos son tratados con testosterona o testosterona y estrógenos, para poder utilizarse efectivamente como animales detectores del estro tomando en cuenta que solo el 75% de los animales inyectados responden al tratamiento (Varner, 1981). Los animales seleccionados deben tener un adecuado estado sanitario general y genital, además de una excelente libido (Peters y Ball, 1991). A los animales detectores de celo 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 sobre esta (Marcantonio, 2003).

#### *Métodos que miden cambios en la temperatura corporal o de la leche*

Estos se basan en que las vacas durante el estro aumentan tanto su temperatura corporal como la temperatura de la leche. Se utilizan sensores colocados en las pezoneras de la máquina ordeñadora, o a través de sensores implantados bajo la oreja o bajo la piel de los animales. Estos cambios son muy pequeños comparados con las fluctuaciones normales de temperatura dentro de los mismos animales por lo cual no son un signo específico del estro; pueden detectarse falsos positivos por lo que su utilidad ha sido muy cuestionada como método para detectar estro (Peters y Ball, 1991).

#### *Detección de progesterona en sangre o en leche*

La medición de esta hormona es de ayuda basándose en que la P4 comienza a descender dos a tres días antes del estro y se mantiene baja por seis días después de la ovulación (Dieleman y col., 1986). Se puede medir la P4 mediante Radioinmunoanálisis (método disponible en nuestro país) aunque no es una práctica comúnmente usada en tambos comerciales ya que el costo de la misma es alto (Moore y Spahr, 1991).

#### *Medición de la resistencia eléctrica vaginal*

Los aparatos comercialmente disponibles miden el cambio eléctrico de las secreciones vaginales. Las vacas deben ser evaluadas con la máquina diariamente para predecir el tiempo de aumento de las observaciones (Varner, 1981). La

resistencia eléctrica de los fluidos vaginales disminuye durante el proestro y el estro, y puede utilizarse si se mide en forma repetida hasta alcanzar un valor mínimo que coincida con el momento del estro. Esta metodología posee una intensidad que varía del 65 al 82% y una exactitud del 57 al 82% (De la Sota, 2000). Este método resulta en un trabajo incómodo, difícil y de un alto riesgo higiénico. Además, algunos estudios demostraron una gran variación en la conductibilidad eléctrica entre y en una misma vaca dando como resultado tanto falsos positivos como falsos negativos (Elving y col., 1983; Lehrer y col., 1995).

### *Sistemas electrónicos que miden la actividad*

Autores coinciden que las vacas aumentan su actividad al entrar en estro (Kiddy, 1977; López- Gatus y col., 2004; Brehme y col., 2007); pueden llegar a aumentar su tiempo de actividad del 30% al 393% (Brehme y col., 2007). Basándose en este principio es que se han desarrollado diferentes tipos de sistemas electrónicos. El aumento en el número de pasos que precede a la ovulación se puede utilizar para detectar el celo y así predecir el tiempo de ovulación de manera más exacta, la ovulación se produce aproximadamente 29 horas después del pico de actividad alertado por estos aparatos. Las mejores tasas de concepción se encuentran cuando la inseminación se realiza entre 13 y 18 horas antes de la ovulación (Roelofs y col., 2005).

#### *a) Podómetros*

Consisten en marcapasos electrónicos que miden y registran automáticamente la cantidad de pasos. Cuando la vaca entra al tambo la computadora lee y registra la cantidad de movimientos del animal en el período de tiempo comprendido entre los ordeños. La intensidad y exactitud de los podómetros son extremadamente variables (Marcantonio, 1998).

Estudios realizados en el 1992 afirman que los podómetros detectan el 70-80% de las vacas en celo (Lehrer y col., 1992); estudios más recientes no difieren demasiado dando un porcentaje global de detección de estro con podómetros del 83% (Roelofs y col., 2005). Hay varios factores que influyen en estos resultados, dentro de ellos se encuentran la cantidad de animales que estén en estro al mismo tiempo. Cuando en el grupo se encuentra un solo animal en celo estos porcentajes

de detección bajan en comparación a cuando hay más cantidad de animales en celo donde los porcentajes de detección pueden aumentar hasta un 95% (Roelofs y col., 2005). Esto se debe a que cuando hay un grupo sexualmente activo la interacción entre ellos es mayor por lo tanto hay más actividad en el rodeo.

En el año 2000 Lyimo y col., encontraron una correlación positiva entre la medición de los podómetros y el número de vacas que expresaban el celo mediante la monta. La sensibilidad de los podómetros se ve afectada negativamente por las patologías podales; vacas cojas van a tener una baja intensidad de celo (Holman y col., 2011).

### *b) Collares*

Estos collares mediante un software miden y registran automáticamente los movimientos del cuello que da la vaca entre los ordeños, esta información es comparada con los datos propios del animal en los días anteriores (Marcantonio, 1998). Al igual que con los podómetros, es necesario fijar un valor umbral y las vacas cuya actividad se encuentra por encima del umbral son consideradas en celo. Este tipo de sistemas es utilizado exclusivamente en tambos ya que es necesario que el animal pase frente al identificador por lo menos dos veces por día. Brehme y col. (2007) reportaron una mejora en la detección de celos tanto con podómetros como con collares, la cual se atribuye al hecho de que aproximadamente el 60% de los celos comienza entre las 18:00-6:00 horas, cuando el trabajo de rutina en el tambo ha finalizado, y no se monitorean las vacas en la noche. Holman y col. (2011) realizaron un estudio en condiciones de confinamiento, en el que se incluyó podómetros, collares cervicales Heatime, detector de montaje y observación visual. Solo el 74% de los celos (confirmados por bajos niveles de progesterona) fueron identificados combinando la información de todos los métodos; el 26% de los celos no se detectó por ningún método. Los valores predictivos del Heatime y de la observación visual eran más altos que los otros métodos; y la combinación de estos dos últimos dio los mejores resultados (Holman y col., 2011). Según Aungier y col. (2012), el Heatime detecta con éxito un 72% de los celos comprobados por baja progesterona en leche. Otros estudios realizados en condiciones pastoriles en los cuales se evaluaron 635 vacas donde se comparó los equipos Heatime con la detección de forma visual y se corroboraron con progesterona en leche, indican una

sensibilidad para los collares de 76,9% y una especificidad de 99,4%; para la detección visual una sensibilidad y especificidad de 91,3% y 99,8% respectivamente (Kamphuis y col., 2012).

En general los sistemas electrónicos que miden la actividad tienen la limitante principal de detectar falsos positivos (Matthew, 2009). En el 2012 Aungier y col., encontraron para el sistema Heatime un 32% de alertas de actividad con alta progesterona, es decir falsos positivos. En la práctica debería confirmarse la alerta de actividad ya sea por inspección visual, actividad anterior y/o registros de celos anteriores, y así reducir las alertas de falsos positivos (Kamphuis y col., 2012). El monitoreo de actividad ofrece una supervisión continua de las vacas, permitiendo identificar en forma automática a las vacas en celo y requiriendo un mínimo trabajo (Matthew, 2009).

La mayoría de los estudios realizados fueron llevados a cabo en sistemas en confinamiento. La evaluación de estos sistemas en condiciones pastoriles sería una información valiosa. Este tipo de tecnología es recomendada para rodeos mayores a 500 vacas, ya que así no es necesario personal tan calificado y a su vez se pueden manejar un mayor número de vacas por persona (Kamphuis y col., 2012).

En general las ayudas para la detección de celos pueden aumentar la eficiencia de detección cuando se utilizan en combinación con la observación visual, sin embargo cuando se utilizan solas, como único método, pueden ser menos eficaces de lo deseable (Stevenson y Britt, 1977; Lehrer y col., 1992).

## OBJETIVOS

1. Realizar una revisión bibliográfica sobre detección de celos en lechería.
2. Comparar el método de detección visual con el método de detección por collares electrónicos.



## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo fue realizado durante los meses de julio del 2012 hasta agosto del 2013 en el Campo Experimental n° 2 de Facultad de Veterinaria, Universidad de la República. Dicho predio está ubicado en el departamento de San José, Ruta 1, km 42.

### *Bovinos*

Se utilizaron 81 vacas de raza Holando en lactación, pertenecientes al tambo de la Facultad de Veterinaria. Registrándose un total de 192 eventos (celos).

El rodeo estaba compuesto por 130 vacas que se encontraban en pastoreo de forma continua en praderas de leguminosas y gramíneas y en invierno pastoreaban en avena o rye grass. Durante los ordeñes se suplementa a los animales con 6 kilogramos por día por vaca de mezcla de afrechillo de trigo, grano húmedo de maíz y grano húmedo de sorgo.

El promedio de producción en el tambo es de aproximadamente 21 litros de leche por día por vaca, grasa 4,1%; proteína 3,4%; con un recuento de 235.000 células somáticas promedio por día y 14.000 unidades formadoras de colonias.

Se realizan dos ordeñes diarios, uno en la mañana (4:00 a. m.) y otro en la tarde (15:30 p. m.).

El período de espera voluntario es de 60 días; a los 40 días postparto se realizó la revisión de los animales para determinar la involución uterina y el reinicio de la ciclicidad y así determinar qué vacas estaban en condiciones para colocarles el collar.

Al comenzar el estudio se colocaron 50 collares para la detección de celo. Las vacas que no registraban repetición de celo después del servicio se les realizaba diagnóstico de gestación, a las que resultaban positivas se les retiraba el collar para así colocarlo en un nuevo animal. Por lo tanto se lograron estudiar 81 vacas en total.

## *Equipo*

Para el análisis de detección de celo electrónica con collares, se utilizó el equipo Heatime HR® de origen israelí. Este, mediante un software, registra automáticamente actividades de movimiento de la vaca y la intensidad del movimiento en intervalos de 2 horas. Este equipo consta de una caja de control, una unidad de identificación (ID) y collares, cada uno con su correspondiente chip (Tags). Los Tags se fijan en el lado izquierdo superior del cuello de la vaca utilizando una correa y hebilla de alta resistencia que viene incluida, colocándolos según las recomendaciones del fabricante. El Tag es mantenido en esta posición, utilizando el peso amarrado al final de la correa.

## *Detección de celos por el método electrónico*

Se utilizaron 50 collares para detección de celo electrónico Heatime HR®, que se colocaron en el cuello de las vacas. Estos se colocaron 10 días antes de comenzar el estudio ya que el equipo necesita de esta información base para luego analizar el comportamiento futuro de las vacas, para así establecer un umbral de actividad que será utilizado como referencia. Estas vacas debían pasar por la unidad ID, ubicada a la entrada de la sala de ordeño. La ID detecta el ingreso de la vaca, y el Tag del collar se acciona para enviar los datos almacenados en el mismo a la caja de control Heatime HR®. La emisión de información entre las unidades ID y los Tags es a través de radiación infrarroja.

El equipo Heatime HR® monitorea continuamente la conducta diaria de las vacas, mediante un índice de actividad. Este índice es un número relativo del nivel de actividad de la vaca respecto a sus niveles de actividad de línea base, este valor es calculado por el equipo.

La información individual de la vaca es almacenada en la base de datos hasta por un año. Cada vez que se reciben nuevos datos en la unidad de control, este dato es comparado con los datos históricos de la propia vaca, para detectar algún cambio en la actividad. Si se detectan cambios en los niveles de actividad, el sistema alerta al usuario, y se señala la vaca en celo.

### *Detección de celos por el método visual*

Diariamente se identificaron las vacas en celo por el método tradicional de detección visual. Este fue realizado siempre por el mismo operador debidamente entrenado, que a su vez era quien inseminaba a las vacas 12 horas después de haberlas detectado en celo. La detección de celo de forma visual se realizó dos veces al día, una en la mañana y otra en la tarde; por un período de una hora cada observación. Se utilizó como signo determinante de celo la pasividad a la monta por otras vacas. Las vacas solo eran inseminadas cuando se detectaban en celo por el método visual.

El operador encargado de la detección en forma visual tuvo acceso a la información del Heatime HR® durante todo el período experimental.

### *Recolección de datos*

Se registraron los eventos (celos) detectados por el método electrónico colectando la información del historial de la base de datos del equipo. Esta información se comparó con los registros manuales del operador encargado de detectar celos y se registraron las coincidencias.

Para el análisis de los registros se agruparon los datos en primera etapa (Etapa 1) y segunda etapa (Etapa 2), debido a que durante los tres meses de verano, por el manejo del predio, no se detectan celos ya que en ese período no se realiza inseminación.

## RESULTADOS

En la Figura 1 se muestran los celos totales detectados de forma visual, electrónica y las coincidencias entre ambos. Los celos detectados de forma visual y electrónica fueron 129 y 170 respectivamente; las coincidencias entre ambos métodos fueron 107, lo cual da un porcentaje de detección para celo electrónico con respecto a la observación visual de 83%. Esto refleja que, del total de celos detectados por observación, el 17% no fue detectado de forma electrónica por el collar Heatime HR®.

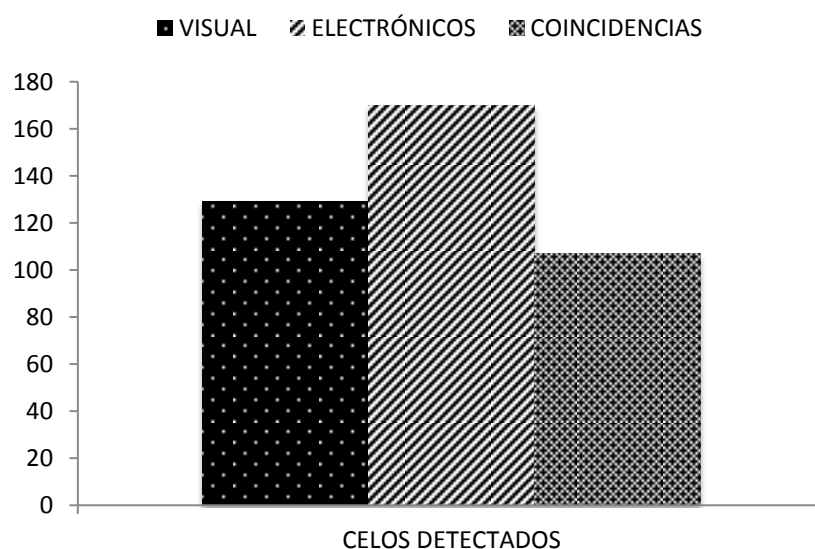


Figura 1. Celos totales detectados de forma visual, celos electrónicos y sus coincidencias

En la Etapa 1 los celos detectados en forma visual y electrónica fueron 70 y 103 respectivamente. Las coincidencias entre los dos métodos fueron 53 (Figura 2), dando un porcentaje de detección del equipo Heatime HR® con respecto a la detección visual del 76%. Por lo anterior, del total de celos detectados de forma visual el 24% no fue detectado por el equipo.

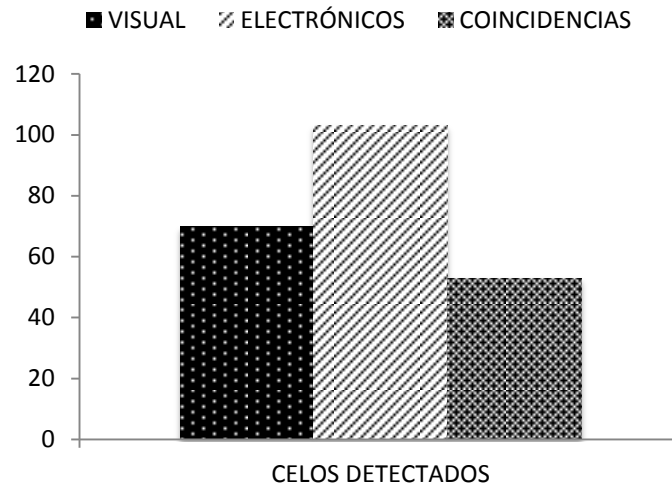


Figura 2. Etapa 1. Detección de celos visual, celos electrónicos y sus coincidencias

En la Etapa 2 los celos detectados en forma visual y electrónica fueron 59 y 63, y las coincidencias entre ambos métodos fueron 50 (Figura 3). Lo cual da un porcentaje de detección del equipo Heatime HR® con respecto a detección visual de 85%, por lo cual del total de celos detectados de forma visual el 15% no fue detectado de forma electrónica.

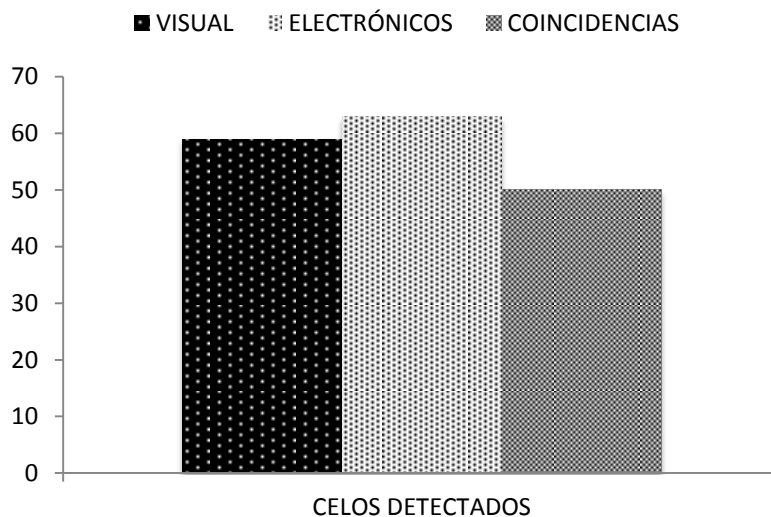


Figura 3. Etapa 2. Detección de celos visual, celos electrónicos y sus coincidencias

En el Cuadro 1 vemos los valores utilizados para el cálculo de la sensibilidad relativa de la detección de celos (DC) electrónica con respecto a la detección de celo visual tomada en este caso como prueba de oro.

Cuadro 1. Valores de detección de celos por los dos métodos

Intervalo de confianza 95%		DC visual	
		Positiva	Negativa
DC electrónica	Positiva	107	62
	Negativa	22	11460

Para el cálculo de sensibilidad:

$$\frac{\text{DC visual positiva (129)}}{\text{DC positiva a los dos métodos (107)}} = \text{Sensibilidad } 0,83$$

Para el cálculo de especificidad:

$$\frac{\text{DC visual positiva y negativa + DC negativa a los dos métodos (11589)}}{\text{DC positiva y negativa a los dos métodos (11651)}} = \text{Especificidad } 0,99$$

## DISCUSIÓN

En términos generales cuando los animales fueron detectados en celo visualmente, si se analizaban los registros tomados por el equipo, la actividad se encontraba siempre aumentada. Esto es coincidente con la mayoría de la bibliografía consultada donde las vacas en el período del estro aumentan notoriamente su actividad cinética.

Al evaluar la eficiencia en la detección de celo hay que tener en cuenta como primera consideración que el técnico encargado de la observación visual tenía acceso al equipo Heatime HR® por lo cual es probable que la decisión para considerar una vaca en celo estuviera influida por los registros del equipo.

El equipo Heatime HR® utilizado en este estudio se basó únicamente en el aumento de actividad cinética como única referencia para considerar a la vaca en celo de forma electrónica. El presente trabajo no contó con confirmación de P4 en leche mediante Radioinmunoanálisis. Por lo que para la evaluación del sistema electrónico se tomó como "prueba de oro" la detección de celo en forma visual, ya que este método es el que se utiliza hoy en el tambo para decidir si una vaca se insemina o no.

A nivel nacional se considera que el porcentaje de detección de celos en tambos es del 40 al 65% (Cavestany y Galina, 2001).

El sistema Heatime HR® detectó un porcentaje mayor de celos que la detección en forma visual, los cuales para el análisis se consideran como celos falsos positivos. Sin embargo hay que tener en cuenta que la detección en forma visual se realizaba únicamente en dos periodos durante el día, por lo cual es posible que en diferentes momentos sobre todo durante la noche el equipo detectara vacas en celo que no se pudieron confirmar por observación visual.

El presente trabajo da un porcentaje de detección de celo electrónico de 83% (Figura 1), el cual es similar a estudios realizados en las mismas condiciones al nuestro los cuales reportan un porcentaje de detección del 90% (Kamphuis y col., 2012). Sin embargo Aungier y col. (2012), trabajando en condiciones de estabulación, reportan que el Heatime HR® detecta con éxito un 72% de los celos,

lo cual es menor a nuestro estudio. Podemos suponer que estas diferencias estarían influenciadas por el hecho de que, como se mencionó en la revisión bibliográfica, los collares no tienen una precisión tan alta en condiciones de confinamiento ya que los animales tienen muy limitada la movilidad.

Analizando los resultados agrupados en las diferentes etapas, vemos que en la segunda etapa (Figura 3) se evidencian mayor número de coincidencias lo cual da un porcentaje de detección electrónico con respecto a detección visual significativamente mayor para la segunda etapa en comparación con la primera etapa (Figura 2). Esto podría deberse a que a medida que pasó el tiempo, el técnico encargado de la detección de celos se adaptó mejor al uso de esta nueva tecnología, haciéndose más eficiente en general la detección de celo. El equipo Heatime HR® podría actuar como "controlador" del personal encargado de la detección de celos. El técnico sabe que existe una herramienta extra que se puede verificar para controlar su trabajo por lo que le dedicaría más tiempo y dedicación a la tarea. También se puede controlar mediante la comparación de los dos métodos de detección a nivel de registros o directamente al ir a verificar al equipo en el momento, los celos detectados visualmente. Esto último es una herramienta muy útil pudiendo consultar al equipo cuando surgen dudas en la observación visual aumentando la detección de celos en términos generales (Dr. Leimare 2013, comunicación personal). Otros autores han verificado también que luego de instalado el sistema Heatime HR® la detección de celo fue más alta, haciendo más fácil el manejo reproductivo del tambo (Michaelis y col., 2013).

En este sentido la mayoría de los métodos complementarios a la detección de celos mejoran la eficiencia de detección cuando se utilizan simultáneamente con la observación visual; como fue el caso de nuestro estudio, sin embargo, cuando se utilizan solos, el beneficio global es a veces menos eficaz (Stevenson y Britt, 1977). Lo que lleva a la necesidad de sumar al incremento de actividad otras variables como nivel de producción, conductividad de la leche, nivel de alimentación y fecha del último celo. Dentro de las desventajas del equipo Heatime HR® como en cualquier otra herramienta de detección, se encuentra el aprendizaje en el uso del sistema por parte del personal encargado de la detección y el importante costo de la inversión inicial en el equipo. Por lo tanto se debería evaluar las pérdidas por fallas



en la detección de celos que se produzcan en cada establecimiento particular para determinar si se justifica la inversión del equipo Heatime HR® en ese predio.

Un estudio realizado recientemente en condiciones pastoriles reportó una sensibilidad para el equipo Heatime HR® de 76,9% y una especificidad de 99,4% (Kamphuis y col., 2012). Estos resultados son similares a los calculados en nuestro trabajo y creemos que de alguna manera podrían validar nuestros resultados ya que el mencionado estudio contaba con confirmación por medio de P4 en leche. Sin embargo Hockey y col. (2010) trabajando también en condiciones semi pastoriles reportan una sensibilidad mayor a la de nuestro trabajo (90,4%) y una especificidad similar (98,2%) aunque en este trabajo se tomó la información de 2 periodos diarios de una hora para determinar si la vaca mostraba celo electrónico a diferencia de nuestro trabajo donde se registraba durante las 24 horas del día.

## CONCLUSIONES

El sistema Heatime HR® proporciona un control permanente de la actividad de la vaca el cual puede llegar a aumentar la precisión de los estros detectados, dependiendo de la habilidad de la persona encargada de las detecciones visuales.

La herramienta Heatime HR® es de utilidad como complemento de un programa de detección visual, y no debiera ser considerada como sustituto de la observación.

Futuros estudios nacionales deberán actualizar los análisis de los costos-beneficios, y a su vez evaluar fallas en la precisión con la que son detectados los celos por el equipo Heatime HR®.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Aungier SPM, Roche JF, Sheehy M, Crowe MA. (2012). Effects of management and health on the use of activity monitoring for estrus detection in dairy cows. *J Dairy Sci*; 95:2452-2466.
2. Brehme U, Stollberg U, Holz R, Schleusener T. (2004). Sichere Brunsterkennung mit sensorgestützten ALT-Pedometern. *Landtechnik*; 59(4):230-231.
3. Brehme U, Stollberg U, Holz R, Schleusener T. (2007). ALT pedometer—New sensor-aided measurement system for improvement in oestrus detection. *Comp Elect Agric*; 62:73-80.
4. Bruyère P, Hétreau T, Ponsart C, Gatien J, Buff S, Disenhaus C, Giroud O, Guérin P. (2011). Can video cameras replace visual estrus detection in dairy cows?. *Theriogenology*; 77:525-530.
5. Butler WR. (2001). Nutritional effects on resumption of ovarian cyclicity and conception rate in post-partum dairy cows. *Anim Sci*; 26:133–145.
6. Catalano R, Callejas S. (2001). Oestrus detection in bovine. Factors that affect it and help methods. *Rev Med Vet (Bs As)*; 82:17-22.
7. Cavestany D, Fernandez M, Perez M, Tort G, Sanchez A, Sienna R. (2008). Oestrus behaviour heifers and lacting dairy cows under pasture-based production system. *Vet Quart*; 30:10-36.
8. Cavestany D, Galina CS. (2001). Evaluation of an artificial insemination programme in a seasonal breeding dairy system through milk progesterone. *Reprod Dom Anim*; 36:79-84.
9. Cavestany D, Galina CS, Viñoles C. (2001). Efecto de las características del reinicio de la actividad ovárica posparto en la eficiencia reproductiva de vacas Holstein en pastoreo. *Arch Med Vet*; 33:217-226.
10. Coleman A. (1993). Detecting estrus in dairy cattle. USA National Dairy Database Reproduction Collection, Auburn University. 4p.
11. De la Sota RL. (2000). Detección de celos: calcular su intensidad y exactitud. *Taurus*; 2:19-27.
12. 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.
13. Dransfield MGB, Nebel RL, Pearson RE, Warnick LD. (1998). Timing of insemination for dairy cows identified in estrus by a radiotelemetric estrus detection system. *J Dairy Sci*; 81:1874-1882.
  14. Ducrot C, Grohn Y, Bugnard F, Senlis Y, Sulpice P, Gilbert R. (1999). A field study on estrus detection in lacting beef cattle. *Vet Rec*; 30:87-98.
  15. Elving L, Pieterse MC, Vernooij 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.
  16. Fernández M, Pérez M, Sánchez A. (2006). Determinación de la duración, intensidad y conducta de celo en vacas en ordeño y vaquillonas holando. Tesis de grado, Facultad de Veterinaria, UdelaR. 49p.
  17. Glauber CE. (2013). ¿Los altos rendimientos en producción lechera, afectan la fertilidad del rodeo? *Rev Med Vet (Bs As)*; 94:10-16.
  18. Granja SYT, Cerquera GJ, Fernández BO. (2012). Factores nutricionales que interfieren en el desempeño reproductivo de la hembra bovina. *Rev Colombiana Cienc Anim*; 4:458-472.
  19. Gray HG, Varner MA. (1980?). Signs of estrus and improving detection of estrus in cattle. *Dairy Integrated Reproductive Management*; 5p.
  20. Hafez ESE. (1989). Reproducción e inseminación artificial en animales. México, 5a. Ed, Interamericana; 677 p.
  21. Hockey CD, Morton JM, Norman ST, McGowan MR. (2010). Evaluation of a neck mounted 2-hourly activity meter system for detecting cows about to ovulate in two paddock-based Australian dairy herds. *Reprod Domest Anim*; 45:107–117.
  22. Holman A, Thompson J, Routly JE, Cameron J, Jones DN, Grove-White D, Smith RF, Dobson H. (2011). Comparison of oestrus detection methods in dairy cattle. *Vet Rec*; 169: 47.
  23. Kamphuis C, DelaRue B, Burke CR, Jago J. (2012). Field evaluation of 2 collar-mounted activity meters for detecting cows in estrus on a large pasture-grazed dairy farm. *J Dairy Sci*; 95:3045-3056.
  24. Kastelic JP. (2001). Computerized heat detection. *Adv Dairy Technol*; 13:393-402.

25. Kerbrat S, Disenhaus C. (2003). A proposition for an updated behavioral characterization of the oestrus period in dairy cows. *Appl Anim Behav Sci*; 87:223-238.
26. Kiddy CA. (1977). Variation in physical activity as an indication of estrus in dairy cows. *J Dairy Sci*; 60:235-43.
27. Lehrer AR, Lewis GS, Aizinbud E. (1992). Oestrus detection in cattle: recent developments. *Anim Reprod Sci*; 28:355-361.
28. Lehrer 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.
29. Lopez H, Satter LD, Wiltbank MC. (2004). A brief report on the relationship between level of milk production and estrous behavior of lactating dairy cows. *Appl Anim Behav Sci*; 88:359–63.
30. López-Gatius F, Santolaria P, Mundet I, Yániz JL. (2004). Walking activity at estrus and subsequent fertility in dairy cows. *Theriogenology*; 63:1419-1429.
31. Lyimo ZC, Nielen M, Ouweltjes W, Kruip TAM, Van Eerdenburg FJCM. (2000). Relationship among estradiol, cortisol and intensity of estrous behavior in dairy cattle. *Theriogenology*; 53:1783-1795.
32. Marcantonio S. (1998). Métodos auxiliares a la detección de celo. *Sitio Argentino de producción animal*; Romage sa; Bs As; 24-28. Disponible en: [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar) . Fecha de consulta: 20.8.2013.
33. Marcantonio S. (2003). Disponible en: <http://www.supercampo.com.ar/edicion/0108/nota03.htm> .Fecha de consulta: 12.6.13.
34. Marcoot RE, Garverick HA. (1992). Detecting heat in dairy cows. USA National Dairy Database Reproduction Collection, Missouri.
35. Matthew CL. (2009). Celo: Biología básica y mejoramiento de la detección. *Taurus*; 11: 25-27.
36. Mc Donald LE. (1991). *Endocrinología Veterinaria y Reproducción*. España, 4a. Ed, Interamericana Mc Graw-Hill, 541p.
37. Michaelis I, Hasenpusch E, Heuwieser W. (2013). Estrus detection in dairy cattle: changes after the introduction of an automated activity monitoring system?. *Tierarzti Prax*; 41:159-165.

38. Moore AS, Spahr SL. (1991). Activity monitoring and an enzyme immunoassay for milk progesterone to aid in the detection of oestrus. *J Dairy Sci*; 74:3857–3862.
39. Morales JT, Cavestany D. (2012). Anestro posparto en vacas lecheras: tratamientos hormonales. *Veterinaria (Montevideo)*; 48:19-27.
40. Nebel RL. (2013). Detección de celo y momento de inseminación artificial. Disponible en: <http://www.engormix.com/MA-ganaderia/leche/genetica/articulos/deteccion-celos-tiempo-inseminacion-t4613/103-p0.htm> . Fecha de consulta: 20.8.2013
41. Palmer MA, Olmos G, Boyle LA, Mee JF. (2010). Estrus detection and estrus characteristics in housed and pastured Holstein–Friesian cows. *Theriogenology* 74:255-264.
42. Peters AR, Ball PJH. (1991). Reproducción del ganado vacuno. Zarazoga, Ed. Acribia, 222 p.
43. Roberts SJ. (1979). Obstetricia Veterinaria y Patología de la Reproducción (Teriogenología). Buenos Aires, Ed Hemisferio Sur, 1079 p.
44. Rodero E, Sepúlveda N. (2003). Comportamiento sexual durante el estro en vacas lecheras. *INCI*; 28:500-503.
45. Roelofs JB, Frank JCM, Eerdenburg, Nicoline M, Soede, Bas Kemp. (2005). Pedometer readings for estrous detection and as predictor for time of ovulation in dairy cattle. *Theriogenology*; 64:1690-1703.
46. Roelofs JB, López-Gatiusc F, Hunterd RHF, Van Eerdenburge FJCM, Hanzenf Ch. (2010). When is a cow in estrus? Clinical and practical aspects. *Theriogenology*; 74:327-344.
47. Royal MD, Darwash AO, Flint APF, Webb R, Woolliams JE, Lamming GE. (2000). Declining fertility in dairy cattle: Changes in traditional and endocrine parameters of fertility. *Anim Sci*; 70:487-501.
48. Senger, P.L. (1994). The estrus detection problem: new concepts, technologies, and possibilities. *J. Dairy Sci.* 77:2745-2753
49. Stevenson JS, Britt JH. (1977). Detection of estrus by three methods. *J Dairy Sci*; 60:1994-1998.
50. Taras EE, Spahr SL. (2001). Detection and characterization of estrus in dairy cattle with an electronic heatmount detector and an electronic activity tag. *J Dairy Sci*; 84:792-798.

51. Varner MA. (1981?). Anestrus and estrous detection aids. Dairy Integrated Reproductive Management; 8p.
52. Wainstein AG, Bernal AS, Iriondo MR, Luco AO. (2001). Heatwatch, electronic heat detection system used in holstein Friesian. Arch Zoot; 50:406.
53. Walker WL, Nebel RL, McGilliard ML. (1995). Characterization of estrus activity as monitored by an electronic pressure sensing system for the detection of estrus. J Dairy Sci; 78:307. (Abstr).
54. Wiltbank M, Lopez H, Sartori R, Sangsritavong S, Gumen A. (2006). Changes in reproductive physiology of lactating dairy cows due to elevated steroid metabolism. Theriogenology; 65:17-29.
55. Xu ZZ, Mcknight 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; 81:2890-2896.