

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**EFFECTO DE LA COMBINACIÓN DE LOS MÉTODOS AUXILIARES DE  
DETECCIÓN DE ESTRO SOBRE LA EFICIENCIA DEL CELAJE Y OTROS  
PARÁMETROS REPRODUCTIVOS EN VACAS HOLSTEIN**

**POR:**

**ONÉSIMO MARTÍNEZ GARCÍA**

**TESIS:**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA**

**OBTENER EL TÍTULO DE:**

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**JUNIO, 2012**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**“ANTONIO NARRO”**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**EFFECTO DE LA COMBINACIÓN DE LOS MÉTODOS AUXILIARES  
DE DETECCIÓN DE ESTRO SOBRE LA EFICIENCIA DEL CELAJE  
Y OTROS PARÁMETOS REPRODUCTIVOS EN VACAS HOLSTEIN**

**POR:**

**ONÉSIMO MARTÍNEZ GARCÍA**

**ASESOR PRINCIPAL:**

  
\_\_\_\_\_  
**DR. CARLOS LEYVA ORASMA**

**COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**

  
\_\_\_\_\_  
**MVZ: RODRIGO ISIDRO SIMON ALONSO**  **Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal**

**TORREON COAHUILA MÉXICO, JUNIO DE 2012**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



EFECTO DE LA COMBINACIÓN DE LOS MÉTODOS AUXILIARES DE DETECCIÓN DE  
ESTROS SOBRE LA EFICIENCIA DEL CELAJE Y OTROS PARÁMETOS REPRODUCTIVOS EN  
VACAS HOLSTEIN

POR:

ONÉSIMO MARTÍNEZ GARCÍA

Elaborado bajo la supervisión del comité particular y aprobado como requisito parcial para  
optar por el título de:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

JURADO:

DR. CARLOS LEYVA ORASMA  
PRÉSIDENTE

MC. JUAN LUIS MORALES CRUZ  
VOCAL

MVZ. RODRIGO SIDRO SIMÓN ALONSO  
VOCAL

MVZ. CARLOS RAMÍREZ FERNÁNDEZ  
VOCAL SUPLENTE

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO, 2012

## **AGRADECIMIENTOS**

*Primeramente agradecer a DIOS por darme la vida, por estar conmigo en cada momento de tristeza y felicidad, por permitirme terminar una meta muy importante en mi vida y por mantener con salud y bienestar a mi familia*

### **A MI ALMA MATER:**

*Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por darme la oportunidad de pertenecer a la familia, y por ayudarme a formarme profesionalmente para ser una persona de bien.*

**AL DR. CARLOS LEYVA ARASMA;** *por asesorarme y por su colaboración en la revisión del presente.*

**AL MC. JUAN LUIS MORALES CRUZ;** *por asesorarme y por su tiempo que dedico al ayudarme a realizar este experimento de investigación.*

**AL MVZ. RODRIGO ISIDRO SIMÓN ALONSO;** *por todo su apoyo para poder hacer esta tesis.*

**AL MVZ. CARLOS RAMÍREZ FERNÁNDEZ;** *por corregir mis errores y por su tiempo que dedico al revisar este proyecto.*

**AL SR. SALVADOR ALVAREZ DIAZ;** *por permitir elaborar este estudio en sus establos y ser parte de su equipo de trabajo durante todos estos años*

## **DEDICATORIA**

### **A MIS PADRES**

JUANITA GARCÍA ESQUIVEL

ALFONSO MARTÍNEZ RUBIO

*Con mucho amor, respeto y cariño para mis padres, que con mucho esfuerzo y sacrificio me brindaron su apoyo incondicionalmente para terminar mis estudios profesionales, gracias por la vida que me dieron, por haberme dado sus ejemplos y principios para ser una persona de bien, por haberme dado la más grande herencia: mi estudio. En especial a mi madre que siempre tengo presente todo su esfuerzo durante tantos años para sacarnos adelante.*

### **A MY ESPOSA**

*Que eres mi gran amor, con mucho cariño y por estar conmigo en las buenas y en las malas, por tus consejos y por ser muy buena esposa*

### **A MIS HIJAS (mis tres bebes)**

MONICA (la potranquita)

MARLEN (la potranquitita)

MELISA (la chulita)

*Que son también mis tres grandes amores y que no tengo palabras para expresarles mi sentir a las tres, gracias por ser mis hijas y que dios me las cuide*

### **A MIS AMIGOS DE LA UNIVERSIDAD**

IVAN Y EMILIO. *Gracias por todos los momentos que compartimos en esta etapa.*

*Emilio que dios te de fuerza y voluntad para salir adelante y ser otra vez igual o mejor que antes, donde estés que dios te ayude y te cuide*

## CONTENIDO

### Página

I.	RESUMEN.....	9
II.	INTRODUCCION.....	11
	Objetivo.....	15
	Hipótesis.....	16
III.	ANTECEDENTES.....	17
	3.1 El podómetro como medio auxiliar para la detección de celos. Principios y fundamentos.....	17
	3.2 Ventajas y desventajas de los podómetros sobre los demás métodos auxiliares.....	19
	3.3 Importancia de la detección de celo en la eficiencia reproductiva de hatos lecheros.....	22
	3.4 Influencia de la detección de celos sobre los comportamientos de los principales indicadores reproductivos.....	26
	3.5 Como afecta el estrés calórico la detección de celos y en general la fertilidad.....	32

3.6 Técnicas y herramientas de apoyo auxiliares para la detección de celos.....	33
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	44
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	50
VIII. RECOMENDACIONES.....	57
IX. LITERATURA CITADA.....	58

**LISTA DE ABREVIATURAS**

P4.- Progesterona

PgF2.- prostaglandina

CL.- Cuerpo lúteo

FSH.- Hormona folículo estimulante

LH.- Hormona luteinizante

GnRH.- Hormona liberadora de gonadotropinas

A.I.- Inseminación artificial

N.- Número de animales considerados en el estudio

D.E.- Detección de estro

E.- Estrógenos

CIDR.-Dispositivo intravaginal liberador de progesterona

IATF.- Inseminación artificial a tiempo fijo

DEL.- Días en leche

PEV.- Periodo de espera voluntario

TDC.- Tasa de detección de celo

TC.- Tasa de concepción

TP.- Tasa de preñez

IPP.- Intervalo entre partos



## I. RESÚMEN

Existen numerosas pruebas para la evaluación de la eficiencia en la detección de celos en el ganado productor de leche. El objetivo de este trabajo es conocer el porcentaje de detección de celos medido por la prueba de 24 días con intervalos de 8 días por prueba en un periodo de un año, en tres establos de la comarca lagunera con diferentes métodos de detección de celos, instalaciones, manejo, etc.

Se seleccionaron tres establos de alta producción de leche con diferentes características ubicados en la comarca lagunera de Durango y Coahuila: 1) Establo "Campo Sagrado", cuenta con 2300 vacas en producción con un podómetro en la extremidad anterior derecha cada una, y crayón, no utilizando celadores, 2) Establo "El Potrero", cuenta con 1300 vacas en producción, todas ellas con un podómetro en la extremidad anterior derecha o izquierda, además de usar crayón y celadores y 3) Establo "El Campanario", cuenta con 750 vacas en producción sin podómetro, solo portando marcas de crayón y celadores.

El periodo evaluado fue los meses de febrero del 2008 a febrero del 2009. Fueron incluidas todas las vacas que alcanzan el periodo de espera voluntario y en un estado reproductivo que permita la inseminación artificial. Durante el citado período fueron aplicados conjuntamente los siguientes métodos de detección de celos: a) Medición electrónica de la actividad con el software Dairy Plan 5 (Equipo Westfalia); b) Observación visual por celadores en el transcurso del día y la noche, realizada por técnicos capacitados y, c) uso de crayón monitoreado por los técnicos inseminadores.

Los listados de vacas elegibles a ser inseminadas, fueron monitoreados durante 24 días, ellas con las siguientes características: Que no estén gestantes; que no se encuentren en período de espera para el diagnóstico de gestación; que no presenten alguna patología del aparato reproductor y, que hayan cumplido el periodo de espera voluntario.

La determinación del porcentaje de detección de celo se realizó usando la prueba de 24 días evaluada semana a semana por los encargados del sistema de cada establo.

El análisis estadístico de los resultados obtenidos de las pruebas de 24 días para cada establo demostró: Que existen diferentes resultados en la eficiencia de detección de celos en cada uno de los métodos utilizados.

Los resultados obtenidos por esta prueba colocan a dos de los tres hatos, con porcentajes de detección de celos por arriba del parámetro establecido como ideal (>80 %)y el tercer establo obtuvo porcentajes de detección de celos por debajo del parámetro ideal.

Estos resultados permiten concluir que; entre más herramientas utilicemos, mejores porcentajes de detección de celo obtendremos y viceversa.

## II. INTRODUCCIÓN

A través de la historia de la humanidad, uno de los retos más grandes con que se ha enfrentado el hombre, es el abastecimiento de sus requerimientos alimenticios. En la actualidad este reto se ha venido haciendo aún más difícil debido a la gran expansión demográfica que aumenta día con día, lo cual nos exige eficientar la producción de alimentos para el abastecimiento nutricional de la sociedad con proteínas de origen animal. Es por ello que hoy en día se hacen esfuerzos enfocados al incremento de la productividad en las explotaciones pecuarias y en el ejercicio profesional de un médico veterinario zootecnista, en este sentido existen diversos puntos de conflicto en la toma de decisiones, sobre todo en lo que respecta a la reproducción animal, tal es el caso de la selección adecuada de técnica de detección de celo para una mejor eficiencia reproductiva, la correcta detección del celo es un factor decisivo para el éxito en la gestación del hato. Porque obtener una nueva lactación y al mismo tiempo una duración óptima de la misma así como el más breve espacio de tiempo entre dos partos se puede conseguir sólo con determinar correctamente el momento de la inseminación, obteniendo más becerros nacidos por año y una producción de leche más alta como promedio anual y, a su vez evitando obtener mayor gasto por inseminaciones. (Rodenburg, 2007)

Aumentar la eficiencia en la detección de celos puede incrementar significativamente las ganancias de una operación lechera, la forma tradicional de detección de celo ha sido la observación visual, sin embargo, este método es tedioso e incurre en altos costos de mano de obra. Varios métodos se han centrado en la física, la conducta y los signos fisiológicos que están asociados con el celo (At-Taras et al, 2001). Entre los signos

vinculados al celo en las vacas lecheras, donde permite la monta siendo este el indicador más confiable del celo donde hay un aumento de actividad física. Las vacas alojadas en establos libres pueden ser cuatro veces más activas durante el celo que en otras ocasiones. Los podómetros han sido utilizados para estudiar la actividad física y, por lo tanto determinar el momento del celo y predecir el momento óptimo de la inseminación. (Maatje et al, 1997).

La podometría ofrece la oportunidad en hatos lecheros medianos y de gran tamaño para mejorar la detección de celo y, al mismo tiempo, reducir la dependencia de la mano de obra. Un podómetro es un dispositivo de detección de movimiento y grabación, una de varias herramientas de precisión de gestión en hatos lecheros que están ofreciendo oportunidades para ahorrar trabajo, y mejorar la atención individual de la vaca y la gestión mediante el uso de la tecnología para la detección de calor.

Considerando que cada tres semanas la vaca entra en celo, activado por hormonas, aparte de los cambios físicos visibles, el aumento de actividad se interpreta como un síntoma evidente de celo. Las vacas entran en celo y normalmente montan a otras vacas, éstas también retienen la leche disminuyendo la cantidad al momento de medirla. Hacia el final del celo este comportamiento cesa y la vaca demuestra su disponibilidad para ser inseminada. Para dar con el momento más idóneo se debe observar muy de cerca el comportamiento de la vaca, si se parte del hecho que por observación visual se detecta solamente el 50 % del total de los celos, el resultado es poco alentador por el esfuerzo intensivo de trabajo que requiere. (Francke, 1993).

Cuando hay más de un animal en celo, los porcentajes en la detección aumentan hasta 95%; por lo tanto, el número de medidas observadas durante el período de celo fue mayor cuando más animales se encontraban con signos de celo al mismo tiempo, y el número de pasos dados durante el período de celo también fue mayor para las vacas primíparas en comparación con las vacas multíparas. Está comprobado que la principal causa de que se insemine un bajo porcentaje de vacas elegibles, es la baja eficiencia en la detección de celos, lo cual hace que las vacas no sean inseminadas simplemente porque no son detectadas en estro, a pesar de estar ciclando normalmente. Aunado a lo anterior, se ha observado una clara asociación entre los promedios de producción de leche y la disminución de la fertilidad. Sin embargo, en estudios en los cuales se ha evaluado el efecto de diversos factores en la fertilidad, se encontró que la participación relativa de la alta producción de leche es menos que otros factores como son los problemas posparto. La alta producción de leche por sí misma no afecta la fertilidad. Así, es frecuente encontrar hatos con altas productoras y con buenos indicadores reproductivos, lo que indica que un hato con alto nivel de producción es el reflejo de mejores prácticas de alimentación, salud y manejo reproductivo. Sin embargo, la alta producción si puede afectar la fertilidad si se asocia con prácticas inadecuadas de la alimentación, salud y manejo. (Roelofs et al, 2005).

Considerando los cambios locomotores donde un aumento de actividad de la vaca se evidencia durante el celo. Esta actividad puede ser registrada por un podómetro sujeto a la pata de la vaca. La actividad de la vaca genera impulsos eléctricos que son contados y guardados por circuitos especiales de los podómetros, el cual proporciona simultáneamente la identificación del animal, habilitando el conteo total para ser transferida y almacenada en un

sistema de cómputo, estos registros son convertidas a evaluaciones por hora para procesos futuros en promedios. El software se utiliza para crear informes sobre la actividad de cada vaca. Las vacas muestran una mayor actividad antes de la aparición del celo en un factor de dos a cuatro veces de lo normal. Las vacas deben ser consideradas para la reproducción dentro de las 12-24 horas de ser identificados con una mayor actividad por el sistema de contador de pasos. (Murray, 2007)

Con los podómetros podemos monitorear la actividad y ofrece la oportunidad de identificar a las vacas entrando en celo, mientras que la reducción de la dependencia de la mano de obra. Los estudios han demostrado un 80% - 85% de las tasas de detección de calor con un podómetro, cuando un animal está en celo y hasta el 90 % cuando dos o más están en celo. (Francke, 1993).

## **2.1 Objetivo General**

El objetivo de este estudio, fue evaluar tres diferentes sistemas de detección de celo en relación con la eficiencia y conocer la dinámica del porcentaje de cada uno de ellos

## **2.2 Objetivos Específicos**

- a) Conocer la eficiencia de detección de celo en tres hatos lecheros con diferentes sistemas.
- b) Conocer la influencia de la detección de celo con podómetro sobre los principales indicadores reproductivos.
  - Tasa del hato inseminado
  - Tasa de concepción
  - Porcentaje de nuevas preñadas por mes
  - Porcentaje de ganado preñado

### **2.3 HIPÓTESIS**

Los sistemas electrónicos de detección de celos utilizados en vacas lecheras como los podómetros complementan a los sistemas tradicionales y mejoran la eficiencia en la detección de calores.



### III. ANTECEDENTES

#### **3.1 El podómetro como medio auxiliar para la detección de estros. Principios y fundamentos**

Casi han pasado 70 años entre el primer reconocimiento publicado que los mamíferos hembras presentan un incremento predecible en la actividad física cuando están en estro. Las vacas equipadas con podómetros activados mecánicamente se caracterizan por presentar una mayor actividad física durante el estro que durante la fase tardía del diestro y proestro o durante el metaestro. Las vacas en calor estuvieron hasta cuatro veces más activas que las vacas que no estaban en calor cuando estaban alojadas en corrales. Cuando las vacas se encontraban en echaderos, las vacas en calor estuvieron 2.7 veces más activas que aquellas que no lo estaban (Nebel, 1997). Investigaciones recientes en Holanda reportan que el momento ideal de la inseminación artificial fue predicho utilizando modelos matemáticos basados en las lecturas de los podómetros y a la palpación rectal 42 a 49 días post-AI. Las posibilidades de preñez fueron mayores entre 6 y 17 horas después del incremento en la actividad del podómetro, y el tiempo óptimo calculado para la AI fue 11.8 horas. (Maatje, 1997).

Al revisar los reportes científicos en la eficiencia de la tecnología de podómetros comparados con la observación visual, se vio que era muy variable y va desde un rango de 60 hasta el 100%. Los resultados promedio de los estudios reportados en las publicaciones científicas, la eficiencia de los podómetros promedia 83% y la precisión de las vacas declaradas en estro fue de 85%. La desventaja pueden ser los efectos del medio ambiente y de instalaciones que afectan la eficiencia y la precisión debido a la

influencia sobre la actividad. Dado que la actividad de la vaca aumenta durante el estro, es posible detectar esta inquietud con el uso de un podómetro colocado en una de la pata trasera o delantera. Estos instrumentos miden la distancia caminada por cada vaca; esta información es registrada en la computadora la cual calcula la diferencia entre la distancia transcurrida diariamente, la magnitud de dicho cambio es el indicador del estro. (Minoru et al, 2007)

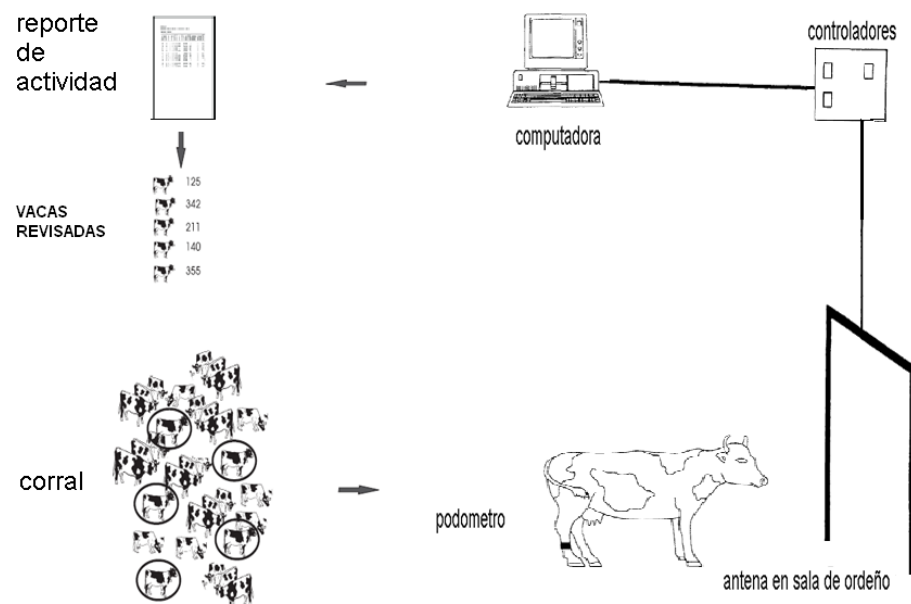


Figura 1. Muestra un grupo de vacas donde hay 5 números seleccionados y el sistema de adquisición para la grabación automática de las vacas con mayor actividad y al final son mostradas en un reporte del software.

### **3.2 Ventajas y desventajas sobre los demás métodos auxiliares:**

- Detectar estros positivos y con precisión en todos los ciclos de los animales.
- Identificar vacas que no están ciclando (anestro).
- Veinticuatro horas por día/365 días del año monitoreando el celo.
- Podemos valorar la intensidad en que están mostrando el celo.
- Identificar vacas con ciclos cortos.
- Sólo se requiere mano de obra al inicio de la instalación de los podómetros.
- Podemos monitorear la respuesta a la aplicación de prostaglandina.
- Monitorear la actividad de las vacas preñadas.
- Como apoyo para detectar vacas con problemas de salud considerando la disminución de la actividad y caída de leche y alta conductividad de la misma. (Edwards et al, 2004)

#### **Desventajas de los podómetros:**

- Registra falsos positivos debido al manejo del hato como por ejemplo; corrales, recorte de pezuñas, vacas revueltas, etc.
- Fallas debido a una mala colocación de los podómetros y/o fallas mecánicas en las antenas receptoras que hace que no reciba los datos acumulados en los podómetros
- Falla por apagones y falta de corriente eléctrica e incapacidad del CPU para encender automáticamente

- Mal asignación al registrar el numero del podómetro y/o el numero de la vaca que tiene físicamente al programa de cómputo
- Falla por los podómetros defectuosos
- Podómetros tirados o arrancados durante las montas

Existen muchos enfoques diferentes para mejorar la detección de celos, y donde se ha investigado la medición de la actividad de las vacas con podómetro promete ser eficaz y aplicable, las limitaciones anteriores a la aplicación práctica de los podómetros incluyen la insuficiencia de las unidades para continuar funcionando durante largos periodos, la falla del usuario o el control técnico en los ajustes de los umbrales, la falla en los circuitos electrónicos por el estiércol apelmazado en el podómetro y la falta de la grabación automática de los datos. El uso de la actividad electrónica con podómetros para detectar celos muestran un futuro prometedor para detectar celos, los podómetros detectaron 74.2% de los periodos de celo, mientras que los celadores lograron solo el 57.6% en nuestro experimento. (At-Taras et al, 2001)

La actividad podría ser una indicación de celo en las vacas, algunas vacas son tranquilas, otras son activas. Cada vaca tiene su patrón de movimiento individual que no difiere mucho de un día a otro. En un establo de ganado suelto, el patrón de movimiento incluye ir a la sala de ordeño, el área de alimentación, ir a los bebederos, así como muchos periodos en los que el animal rumia o descansa. Sin embargo los patrones varían durante las etapas de celo y precelo donde la mayoría de las vacas se vuelven más inquietas y se mueven más de lo habitual cuando están cerca del celo y también cuando ya están, algunas vacas están muy inquietas, algunas veces permiten que otras vacas las monten o bien montan a otras vacas. El aumento de la actividad suele ser más evidente durante la noche y el medidor de actividad registra las 24 horas del día y ayuda a detectar a las

vacas con actividad por el hecho de que las vacas son más activas de lo habitual durante el periodo de precelo y celo. La lista de actividad muestra todas las vacas con un aumento de actividad, muchas pero no todas estarán próximas al celo. Las otras muestran una actividad alta por otros movimientos, las vacas con actividad alta pueden influir en otras vacas para que sean más activas. Diversos incidentes en el establo pueden afectar también a algunas vacas, un aumento en la actividad es un buen indicador de celo probable.

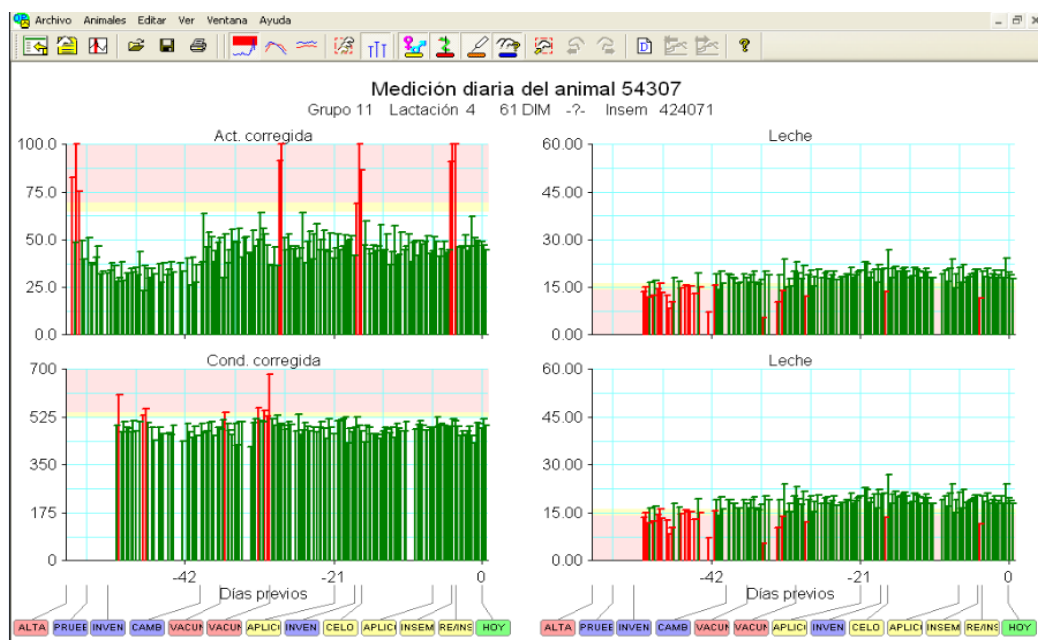


Figura 2. Muestra la actividad individual de una vaca registrando cada vez que entra a la sala de ordeño desde que ingresa a la línea de producción hasta la última vez que entro a la sala, así como su producción de leche, conductividad y todos los eventos veterinarios registrados.

### **3.3 Importancia de la detección de celo en la eficiencia reproductiva de hatos lecheros**

Considerando que ningún otro factor puede desempeñar un papel más importante en la inseminación artificial que la detección de estro, debido a que al estar reemplazando al toro, se debe conocer y saber distinguir las señales de estro. Para los criadores de ganado lechero, un programa adecuado para la detección de estro es fundamental para llegar a alcanzar la superioridad genética que se encuentra disponible a través de la inseminación artificial. Existen varias técnicas de apoyo; la observación detenida de los animales es la primordial en la detección de estros, no obstante existen varias herramientas que facilitan la detección de animales con signos menos evidentes de estro, ejemplo. Registros, palpación, crayón, marcadores chin-ball, detector kamar, podómetros, heatwach, cámaras televisivas, (Varner, 1992)

La baja eficiencia reproductiva es probablemente la principal limitante a la productividad de los hatos lecheros. Las dos principales causas de baja eficiencia reproductiva se relacionan directamente con la problemática de la detección de celos. 1) La inseminación de un bajo porcentaje de los animales elegibles, debido principalmente a una baja eficiencia en la detección de celos, y 2) El bajo índice de concepción de los animales inseminados que aunque puede tener muchas otras causas, puede ser el resultado de realizar inseminaciones en un momento inadecuado debido a una falta de precisión en la detección de estros, o a una deficiente programación de la inseminación en relación al inicio del estro. (Hersche, 1994)

La baja fertilidad actualmente es el problema reproductivo más importante en los hatos lecheros y se considera es el que más afecta la productividad de la empresa lechera. En los últimos 50 años se ha observado, a nivel mundial, una disminución significativa de la fertilidad que ha coincidido con un incremento en la producción de leche, lo que demuestra una asociación entre ambas variables. (Butler, 1998) muestra datos en los cuales se evidencia una clara reducción del porcentaje de concepción en los últimos 50 años. Así en 1951 se lograba un 65% de concepción y en 1996 se obtenía un 40%. Stevenson, reporto que en el año 2000 fueron desechadas 18 % de las 122,146 vacas en el control de producción de estados unidos (Herd of America DHIA) debido a falla reproductiva.

Aunque es evidente la relación entre la alta producción y la fertilidad, la alta producción de leche por sí misma no disminuye la fertilidad sino son los cambios metabólicos que impone la producción de grandes volúmenes de leche asociados con un consumo inadecuado de nutrimentos. Lo anterior aunado a los problemas inherentes provocados por la industrialización de la producción lechera como es el aumento del número de vacas por hato (Lucy et al. 1992). El servir a las vacas en el momento equivocado es una de las principales causas de infertilidad. Esta aseveración es respaldada únicamente por aquellos que trabajan en reproducción. Ciertamente hay muchas causas de infertilidad que no pueden ser predichas y en consecuencia son muy difíciles de evitar. Pero el momento de la inseminación es una que podemos controlar si se hace un buen trabajo de detección de calores. Uno de los principales factores que limitan el óptimo rendimiento reproductivo es la falla en la detección de celos de manera puntual y precisa, el incremento en el tamaño de los hatos y los rendimientos de leche han sido implicados en contribuir al decremento en la eficiencia

reproductiva. Las pérdidas económicas que resultan del incremento en días abiertos son producto de la disminución en la producción de leche por año, menor número de becerros nacidos y el incremento en los costos de alimentación. (Nebel, 1997)

La disminución en la eficiencia reproductiva cuesta USD\$4.00 por cada día abierto más allá de los 100 días. Esto es sin considerar las pérdidas adicionales de menos reemplazos, incremento en mano de obra, menos vacas de desecho y un incremento en los gastos de medicina y veterinarios, causando grandes pérdidas económicas en granjas lecheras, la segunda en importancia es únicamente por mastitis (Esslemont, 1993).

Las vacas expresan estro de manera involuntaria y voluntaria cada tres semanas, después de llegar a la edad adulta la glándula pituitaria que está situada en la base del cerebro envía una señal al folículo para que comience a madurar el óvulo. Los niveles altos de estrógenos y bajos de progesterona en la sangre causan directamente expresión involuntaria del estro. El enrojecimiento e hinchazón de la vulva, secreción de moco claro, los mugidos y la inquietud son signos involuntarios de celo. Los signos voluntarios de receptibilidad sexual incluyen quedarse paradas para ser montadas, montar o seguir a otras vacas (Mowrey, 2000). El signo que marca el inicio del celo es cuando una vaca se deja que la monten por más de tres segundos. Un factor que afecta la fertilidad entre otros es la precisión en la detección de celos y el factor que determina la eficiencia de la inseminación no es como, cuando y donde inseminar, la nutrición y la salud de la vaca, tampoco los métodos de detección de celo; sino la eficiencia de la detección de celos y la fertilidad de la vaca y el toro. Una vez que el semen ha sido depositado en el útero de la vaca este requiere de un fenómeno llamado



capacitación, esto es que se prepara para la fertilización del óvulo y se requiere de ocho horas para que se lleve a cabo este proceso, considerando que el tiempo que dura vivo el semen después de que la vaca ha sido inseminada es de 28 horas en promedio y el tiempo que dura vivo el óvulo a partir de la ovulación es de ocho horas en promedio, de tal manera que si inseminamos una vaca 5 horas después de iniciado el celo hay mínimas posibilidades de que exista preñez, debido a que el semen está casi totalmente muerto cuando llega el óvulo. Ver figura 3 (Nebel, 2002).

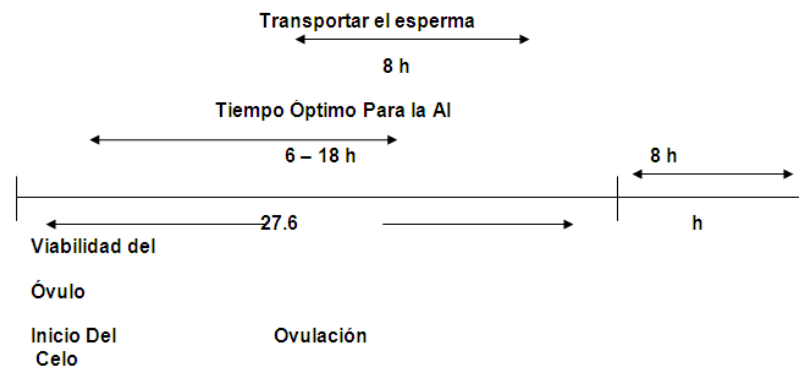


Figura 3. Modelo para el momento óptimo de la AI en el ganado bovino

En los programas reproductivos que emplean la inseminación artificial, la detección eficiente y exitosa del estro evita que se prolonguen los periodos improductivos de la vaca. Al fallar la detección de estro, se pierde una oportunidad de inseminar a las vacas y vaquillas, por lo tanto en vacas aumentan los días abiertos, lo cual conlleva a largos intervalos entre partos. (Hersche, 1994) Las pérdidas económicas que resultan del incremento en días abiertos son producto de la disminución en la producción de leche por año, menor número de becerros nacidos y el incremento en los costos de alimentación. Lo primero que pedimos de una vaca lechera es que produzca de 7 a 11 toneladas de leche al año. Pero no olvidemos que, antes de poder obtener esta leche, la vaca debe tener un becerro por año. (Liu et. al, 1993)

### **3.4 Influencia de la detección de celos sobre los comportamientos de los principales indicadores reproductivos.**

Las hormonas secretadas por la glándula pituitaria y los ovarios controlan el ciclo del calor. Aproximadamente un día antes del celo, empieza el proceso con la FSH (hormona folículo estimulante) de la pituitaria. Esto inicia el crecimiento de la primera onda de folículos portadores de huevos en el ovario; Entonces el folículo secreta la hormona sexual femenina (estrógeno), no se observa signos de calor porque la progesterona de la sangre evita el calor. El estrógeno secretado por el folículo que madura en ausencia de progesterona elevada (segunda, tercera o cuarta ondas foliculares) produce signos de calor, en seguida la glándula pituitaria secreta LH (hormona luteinizante), que hace que se rompa el folículo, liberando el huevo alrededor de 10 a 16 horas después de que terminó el celo. Entonces la LH también provoca que el cuerpo luteo (cuerpo amarillo) reemplace al folículo y produce la hormona de la gestación llamada progesterona. Si el huevo no es fertilizado, termina la secreción de progesterona aproximadamente 16 a 18 días después y se repite el ciclo estral de no ser así la gestación continuará hasta su término. (Stevenson et. al, 1993)

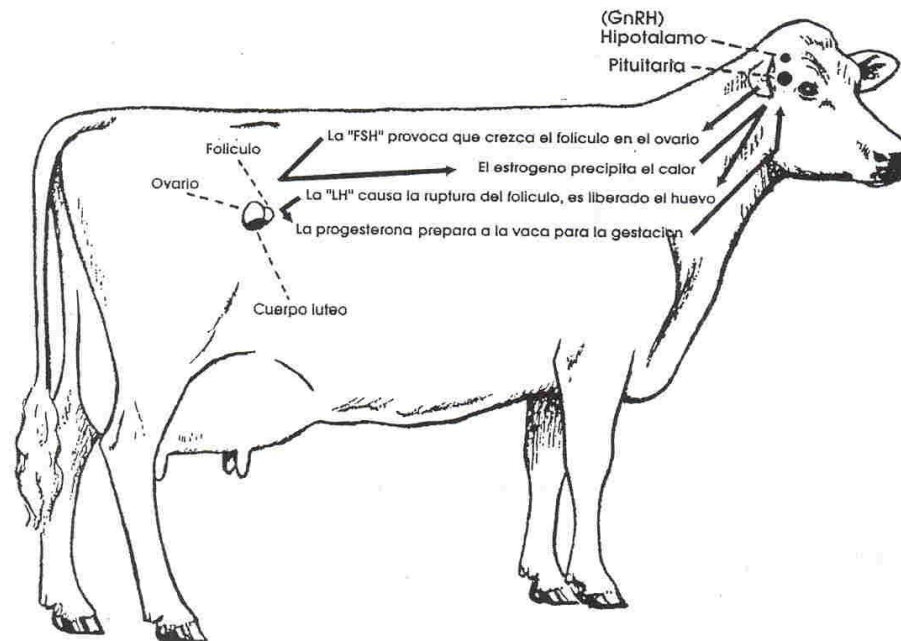


Figura 4. Explicación de la endocrinología reproductiva en una vaca

Para detectar a las vacas en estro es, desde el punto de vista reproductivo, el problema principal en la mayoría de los hatos; existen dos razones principales:

- 1.- Los ovarios de las vacas no están ciclando regularmente, por lo tanto la vaca se encuentra en anestro.
- 2.-Existen fallas en la observación de los animales, por lo que algunas vacas que presentan estro no son detectadas (Varner, 1992) o bien se realiza una detección equivocada de animales en estro (Hersche, 1994).

Es muy importante determinar a qué se deben los problemas en la detección de estro, para de esta manera tomar las medidas necesarias para corregir el problema. La identificación de la causa del problema requiere de la evaluación periódica, mediante la palpación de la actividad ovárica de las vacas, así como los registros de las fechas de todos los estros detectados. Si

no se cuenta con estos registros, el primer paso hacia la identificación del problema será registrar la actividad reproductiva de cada vaca (Varner, 1992). Aproximadamente el 5% de las vacas gestantes permiten ser montadas, por lo que debe mantener registros actualizados de todas las vacas para evitar inseminar a aquellas vacas que ya se encuentran gestantes (Knutson, 1993).

### Clasificación de los signos de estro



Figura 5. Signo característico de una vaca en celo, donde permite la monta por más de 3 segundos

#### Primarios

La vaca que permanece quieta para ser montada se considera la señal principal del celo. La mayoría de las vacas muestran un aumento de actividad sexual antes del estro o cuando están en celo.

#### Secundarias (físicos y de comportamiento)

Las señales secundarias de celo que indican que la vaca está cerca de su estro incluye:

- Estado de alerta, comportamiento inquieto, mugiendo
- Disminución del tiempo de alimentación

- Comportamiento agresivo, topando a otras vacas
- Vulva hinchada, enrojecida, descarga mucosas
- Retención de la leche
- Aumento en la poliuria
- Montando a otras vacas
- Olfateando, lamiéndose la vulva y labio edematizado.

Las señales de los celos secundarios se muestran en una gran variedad de formas entre diferentes vacas. Una o todas estas señales serán mostradas de 6 a 24 horas antes de la entrada real de celo. Estas señales deberán tenerse en cuenta para observar a la vaca más detenidamente y detectar el celo en las próximas horas.

#### Variados

Además de las señales primarias y secundarias, se podrán observar otros signos de estro, estos signos son menos notorios y se presentan con menos frecuencia, entre estos se incluyen:

- Disminución del consumo de alimento
- Baja en la producción de leche
- Orina con mayor frecuencia
- Cuando se observa el sangrado ya es demasiado tarde para inseminar a la vaca, sin embargo estos animales deben ser la detección del siguiente estro.

Es muy importante verificar los síntomas de celo.

Precebo	Celo	Postcebo
Vulva roja e hinchada	Vulva roja e hinchada	El hinchazón y el enrojecimiento de la vulva disminuye
Moco fino, no claro	Moco grueso, claro	Hemorragia
Monta a otras vacas pero no se está quieta cuando otras vacas la montan	Se está quieta cuando otras vacas la montan	No se está quieta cuando la montan
Actividad en aumento	Muy activa en la primera parte; después desciende la actividad	Actividad normal

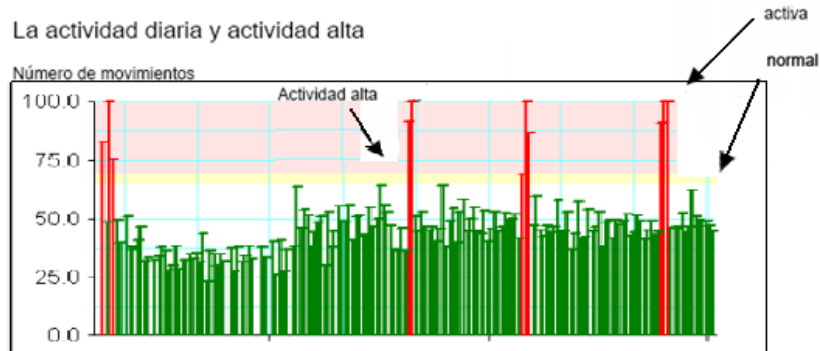


Figura 6. Explicación de los síntomas de celo y su relación con la alta actividad y la actividad normal en una vaca

### Intervalo entre inseminaciones y la probable causa

Tabla 1. Muestra los días después de la última inseminación y las posibles causas

Días después de la inseminación	Significado o probable causa
0 a 7 días	- Error al servir vacas con signos de celo - error al identificar número de vaca en celo
8 a 18 días	- Ciclos cortos - vacas servidas no estando en celo - Metritis y trastornos ováricos
19 a 24 días	- Intervalo de ciclo normal - Muerte embrionaria - Falla de la inseminación
25 a 34 días	- ciclo anormal - Muerte embrionaria

	- Vacas servidas no estando en celo
35 a 47 días	- intervalo normal entre dos ciclos - un celo pasado
Mayor de 48 días	- Muerte embrionaria - dos celos pasados

### **Porque es tan difícil detectar vacas en celo**

Las vacas actualmente reciben menos atención individual, tienen mayor estrés debido al balance negativo de energía creado al inicio de la lactación. Estos factores probablemente funcionan juntos para hacer que la detección de celos sea más difícil. Las vacas mostrarán signos de celo solo en el ambiente adecuado. Los productores deben hacer todo lo posible para proporcionar a las vacas el ambiente apropiado para estimular el comportamiento de estro. Los días después del parto a la primera actividad se correlacionaron negativamente con las puntuaciones de condición corporal en la lactancia temprana. Los resultados sugieren que los datos de los monitores de la actividad podrían proporcionar información valiosa acerca de los porcentajes de fertilidad y por lo tanto podría ser útil en el manejo de la fertilidad del rebaño.

Las vacas con picos de producción más altos (mayor a 55 Kg) muestran un tercio menos de montas que las vacas con picos más bajos. Los extremos de temperaturas, tanto calientes como frías, también reducen la actividad de las montas. En el calor intenso del verano, las vacas muestran más actividad durante el amanecer y el atardecer. En invierno, los fríos extremos inhiben la actividad y las vacas tienden a ser más activas a medio día, para poder montar a otras hembras, las vacas deben poder apoyar firmemente en el suelo en una superficie no resbalosa. El número de vacas también influye su expresión, entre más vacas haya en celo en el grupo, mayor será la actividad mostrada (Nebel, 2000)

### **3.5 Como afecta el estrés calórico la detección de celos y en general la fertilidad**

El clima cálido afecta negativamente el comportamiento de las montas y disminuye la distancia de la actividad. La reducción en la distancia de la actividad especialmente en los climas cálidos disminuye la probabilidad de que las vacas en celo sean reconocidas a través de la observación visual (At-Taras et al, 2001).

Las vacas altas productoras son más sensibles a las altas temperaturas debido a su alto consumo de alimento. La temperatura ideal para una vaca lechera oscila entre los 5 y 25 °C, al sobrepasar estos rangos de temperatura las vacas tienden a utilizar energía para refrescarse vía superficie cutánea y zona respiratoria

El estrés calórico afecta varios componentes del proceso reproductivo. Durante la exposición de las vacas al clima caluroso, se presenta una reducción en la duración del estro menos de 10 horas, así mismo una intensidad más baja. Esta reducción en la actividad sexual (actividad física) disminuye el calor metabólico producido y así reduce la carga calórica total producida por la vaca. Si el estro ocurre durante las horas más frescas de los días, tales como en la tarde o temprano por la mañana, el personal del establo puede no darse cuenta de ello, si los crayones o las marcas son utilizadas como ayuda en la detección de celo esta reducción de la actividad sexual da como resultado que las vacas no están siendo “borradas” o marcadas. Las vacas expuestas al calor comerán menos, causando pérdida de peso y balance energético negativo, lo cual retarda el ciclo estral de las vacas en el post-parto y prolonga el ciclo en aquellas que han comenzado a ciclar.



El estrés calórico también altera el balance hormonal de la vaca, lo cual interfiere con el proceso reproductivo. En particular el estrógeno, que es significativamente más baja en vacas con estrés calórico, afectando la intensidad del estro, medio ambiente del útero y oviducto que controla la capacidad del esperma, la fertilización y la viabilidad del embrión. La sangre que fluye al útero reduce, tal reducción afecta la disipación del calor del útero y la disponibilidad de los nutrientes al útero.

La baja concepción se debe a:

- 2% anomalías anatómicas
- 2% no hay ovulación
- 5% embriones perdidos
- 13% no hay fertilización de óvulos
- 15% mortandad de embrión temprana
- 3% mortandad de embrión tardía

20-40 % (provocado por estrés calórico)

Total de 60-80 % de falla de fertilidad en verano (Flamembaum, 1997)

### **3.6 Técnicas y herramientas de apoyo auxiliares para detección de celos**

Una forma de aliviar el problema de la mala observación de estros, ha sido la utilización de algunas ayudas para facilitar la detección de vacas en celo. Estas prácticas son excelentes como auxiliares en observación de estros pero llega a afectar negativamente la fertilidad cuando se utilizan como único criterio para inseminar.

Podómetros

Detección visual

Detectores kamar

Animales detectores

Cámaras televisivas

Crayón

Marcador chin-ball

Progesterona en leche

HeatWatch

Sincronización de la ovulación e inseminación a tiempo fijo

### **Podómetros.**

Dado que la actividad de la vaca aumenta durante el estro, es posible detectar esta inquietud con el uso de un podómetro colocado en una de las patas traseras o delanteras. Estos instrumentos miden la distancia caminada por cada vaca; esta información es registrada en la computadora la cual calcula la diferencia entre la distancia transcurrida diariamente, la magnitud de dicho cambio es el indicador del estro (marrow, 1990). Para ello debe haber de inicio un mínimo de 14 valores registrados de actividad y así poder considerar la desviación del incremento de actividad.



Figura 7. Podómetro instalado en una de las patas de la vaca donde registrara cada paso o movimiento de actividad de la vaca para después descargarlo en la antena de piso instalada en la sala de ordeño.

**Detección visual. (Celadores)**

La observación cuidadosa de las vacas es esencial para la detección del estro. Para esto hay que tomar en cuenta que la eficiencia en la detección de celos depende entre otras cosas de:

- El tiempo dedicado a la detección de estros.
- Horario dedicado a la detección de estros.
- Conocimientos de los signos de estro.
- Motivación del personal.
- Características físicas del área de detección de estros.

Para este fin es necesario establecer dos períodos de observación, de treinta minutos cada uno, el primero en la madrugada y el segundo en lo más tarde posible al anochecer. Keown (1996) indica que el porcentaje de vacas con signos de estro dentro de un periodo de 24 horas varía con la época del año. Más animales entran en celo en la noche durante el verano, y en el día durante los meses de invierno. La figura 5 muestra los porcentajes de vacas en celo durante las 24 horas.

### Cómo muestran las vacas el celo

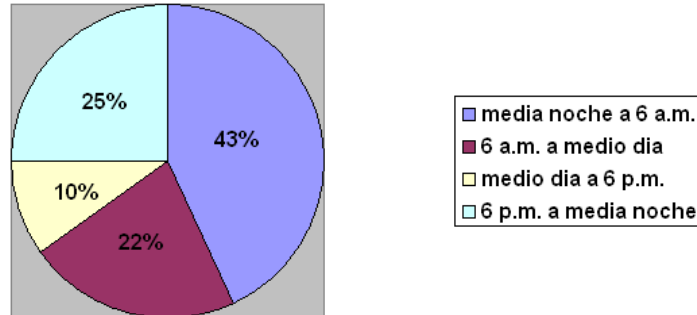


Figura 8. Nos muestra los porcentajes en las 24 horas como presentan el celo las vacas.

### Detector Kamar.

Este detector es una alternativa al marcador chin-ball, consiste de una base de material blanco, sobre el cual esta adherida una cápsula forrada con tela absorbente. Dentro de la cápsula se encuentra un pequeño tubo con una tinta roja, el cual está diseñado de tal forma que libera la tinta lentamente cuando se ejerce presión sobre él. Después de cuatro a cinco segundos de presión continua se libera suficiente tinta para pintar la cobertura interna de la cápsula de color rojo (Marcoot, 1992).

Para que sean efectivos estos dispositivos necesitan estar acompañados por un buen manejo del rebaño;

- Colóquelos adecuadamente para evitar falsos positivos
- Remueva toda clase de objetos elevados en los que el ganado se pueda rascar
- Por lo menos siga practicando una observación visual por día
- El ganado debe estar en libertad, mantener un buen piso para caminar y espacio adecuado para moverse

### **Animales detectores de celo**

Las novillas que se han tratado con hormonas y el uso de toros con el pené quirúrgicamente alterado pueden ser usados para detectar las vacas en celo. Se prefiere una vaca o una novilla tratada, debido a la facilidad de su manejo comparado con el toro. Los animales detectores estimularán el aumento de actividad, buscando las vacas en celo, las montarán y las marcarán. Se recomienda una relación de 30 vacas por cada animal detector (50:1 máximo). Las vacas en celo identificadas deben ser apartadas de los otros animales para que el animal detector siga buscando nuevas vacas.

### **Cámaras televisivas**

Esta herramienta no es usada normalmente, estas cámaras están conectadas a un monitor situado en la oficina o en la casa pueden ser de asistencia en observar las vacas en celo, y así extender el tiempo que las vacas son observadas.

### **Crayón.**

Un sistema muy económico para asistir en la detección de celo consiste el uso de crayón. Se pintan marcas de tiza desde la punta de la cadera hasta los ísquiones de la vaca con una longitud de 20 y 5 cm de ancho a la altura de las vértebras lumbares y sacras. Los animales que sean montados tendrán la marca del crayón borrado. No obstante, esta herramienta tiene algunas desventajas:

- Puede ser necesario pintar a los animales cada 2 a 4 días
- Se requiere de mano de obra para juntar e inmovilizar a la vaca que será pintada

El crayón puede ser borrado por otras causas, por ejemplo puede ser lamida por otros animales (Varner, 1992)



Figura 9. Muestra 2 vacas borradas de crayón después de haber recibido las montas por el celo

### **Marcadores chin-ball.**

Este dispositivo actúa como un bolígrafo y consiste en un depósito de pintura con una válvula de bola, colocada en una cabezada de cuero. El marcador se coloca debajo de la quijada del animal detector, quien al montar la vaca en celo deja una marca de tinta en el lomo de la vaca, los animales detectores pueden ser toros con pené desviado quirúrgicamente, o penectomizados. Estos toros mantienen su libido y pueden montar y marcar a las vacas en celo sin tener contacto sexual (Walton, 1990). La ventaja de emplear toros marcadores es que su presencia intensifica la manifestación de los signos de estro.

Las desventajas de esta práctica son las siguientes;

- Peligro por la presencia del toro
- Costo de alimentación de los toros
- Costo de alteración quirúrgica del toro (Varner, 1992)



Figura 10. Foto de un marcador chin-ball

### **Progesterona en leche**

La concentración de P4 en la leche se puede emplear para diagnosticar el estado del ovario a lo largo del ciclo estral. La concentración más baja de P4 se presenta justo antes del estro y alcanza su pico a medio ciclo, cuando el CL madura. Si la vaca no queda gestante después de estar en celo, el CL sufrirá una regresión y la concentración de P4 disminuirá dos a tres días antes del estro. Por otra parte, si la vaca resulta gestante, el CL se mantiene y la concentración de P4 permanece elevada hasta el momento del parto (Nebel, 1992)

### **Sistema electrónico heatwatch**

#### **Beneficios de heat watch**

- Veinticuatro horas por día/365 días del año monitoreando el celo
- Puede ser usado en vacas y vaquillas, indiferente de si están en ordeño o no
- Medida actual de la monta, no simplemente actividad caminando
- Muestra cuando está montando, en el minuto

**Como trabaja heatwatch:**

1.- Cuando una vaca o vaquilla es montada, el transmisor (alojado dentro del parche) es activado, enviando un signo electrónico a un receptor.

2.- El receptor entonces envía la información de la monta a través un alambre para el concentrador.

3.- El concentrador almacena la información de la monta hasta el software que es accesada en la computadora. En ese punto la fecha de la monta es transmitida a la computadora.

4.- El programa de heatWatch acumula fecha y permite mirarlas o imprimir una variedad de listas y gráficas, mostrando que vacas o vaquillas para inseminar o observadas mas allá.

El software de heatWatch proporciona información reproductiva. Muestra que vacas tienen montas, listas de informes de ciclos, número de montas, duración de la monta y el inicio de la monta empieza.

**Sincronización de la ovulación e inseminación a tiempo fijo**

Los programas de sincronización a tiempo fijo se han utilizado ampliamente en los hatos alrededor del mundo, aunque la base fundamental del protocolo sigue siendo la misma, se han probado diferentes variaciones en los tiempos de administración de las hormonas y la inseminación artificial (IA) en un intento por optimizar el protocolo, siendo uno de ellos el ovsynch, donde la primera GnRH se aplica para inducir la ovulación y promover la formación de un nuevo cuerpo lúteo (CL) y una nueva onda folicular; es decir, regresar a la vaca al inicio del ciclo estral, la prostaglandina administrada 7 días después, se utiliza para regresar el nuevo CL y la última GnRH se administra 48 horas



después para inducir la ovulación del nuevo folículo y así la inseminación a Tiempo fijo (IATF) se lleva a cabo de 16 a 24 horas después.

Sin importar cuál protocolo se utilice hay algunas consideraciones fundamentales que pueden determinar el éxito de cualquier programa de IATF. Estas incluyen las siguientes:

- **Cumplimento:** Sin duda la condición más importante que determina la eficiencia de un protocolo. Si las inyecciones no son administradas en los momentos adecuados; o no son administradas del todo, el protocolo no funcionará.
- **Ciclicidad:** Generalmente las vacas anovulares o que no ciclan no responden bien a los protocolos de IATF. En una situación con una alta incidencia de vacas anovulares debe considerarse la inclusión de una aplicación de progesterona en el protocolo.
- **Días en leche:** Aunque generalmente las vacas con una buena transición pueden concebir eficientemente a una IA aplicada después de un estro natural desde los 50 DEL en adelante, la mayoría de los datos sugieren que la IATF no debe realizarse antes de los 75-80 DEL. Los pobres resultados cuando se usa la IATF antes de los 75-80 DEL pueden estar asociados con las altas incidencias de vacas anovulares para estos DEL.
- **Educación del personal:** Es imperativo que las personas a cargo de administrar las inyecciones comprendan al menos las bases del programa para que sean conscientes de la importancia de cumplir con este.

- **Manejo hormonal:** Es básico seguir las recomendaciones de la etiqueta para las dosis, ruta de administración y almacenaje. Además hay que mantener las hormonas refrigeradas si así se requiere y no exponerlas a extremo frío o calor.
- **Administración de hormonas:** El uso de jeringas y agujas correctas es fundamental. Generalmente agujas de calibre 16 ó 18, de 1 ½ pulgadas de largo para inyecciones intramusculares.
- **Monitoreo:** Los resultados del protocolo necesitan ser monitoreados con regularidad para determinar si es necesario ajustarlo o investigarlo.

Es importante considerar que las vacas que muestran celo durante el protocolo necesitan ser identificadas e inseminadas, pues de otra manera será demasiado tarde para estas vacas recibir la IATF el día siguiente.

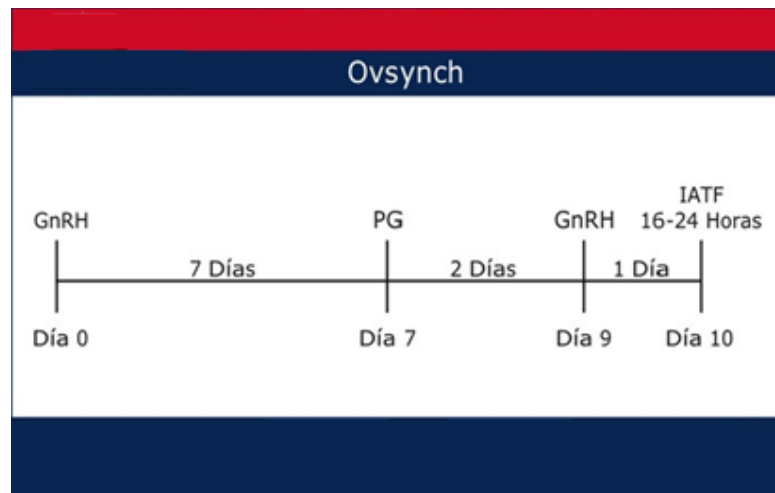


Figura 11. Muestra la programación del protocolo y aplicación de las hormonas

## CUANDO INSEMINAR

Desde la década de los cuarenta, la regla a.m.- p.m. ha sido el estándar para la inseminación artificial en las granjas lecheras. Las nuevas tecnologías que nos han permitido identificar el inicio del estro han hecho que surjan interrogantes acerca del momento óptimo para la inseminación artificial y nos impone la pregunta ¿hemos estado equivocados todos estos años?

Los eventos biológicos dictan el éxito cuando se inseminan vaquillas y vacas. Los eventos críticos incluyen el incremento en niveles de hormona luteinizante (LH), la vida del espermatozoide y el ovulo y el transporte del espermatozoide del sitio de la inseminación al lugar de la fertilización. Se requiere buen tiempo para coordinar la inseminación y la ovulación para lograr fertilización y producir un embrión viable.

Investigaciones en 17 hatos del Estado de Virginia en EU determinaron el momento óptimo de la A.I. determinando el inicio del calor por el sistema HeatWatch. Cada hato escogió un periodo de tres horas en el cual se habrían de inseminar todas las vacas identificadas por el sistema en las 24 horas previas. Por lo tanto, las inseminaciones ocurrieron a intervalos diferentes después de la primera monta (2,661 inseminaciones en total). Las tasas de preñez mostradas, fueron mayores en vacas inseminadas entre 4 y 12 horas después del inicio del estro.

Basándose en las investigaciones disponibles, parece que tenemos que alcanzar un compromiso entre tasas de fertilización y calidad del embrión para lograr tasas de preñez aceptables. Más granjas lecheras pueden mejorar la producción e ingreso neto substancialmente para mejorar la reproducción de sus hatos lecheros. (Nebel, 1993)

## **IV. MATERIAL Y METODOS**

### **4.1. Localización del trabajo experimental**

El trabajo se llevó a cabo en 3 establos de la comarca lagunera del estado de Durango y Coahuila. Los meses comprendidos fueron entre febrero del 2008 a febrero del 2009 abarcando las dos épocas extremosas del año.

La Comarca Lagunera, se encuentra a una latitud de 26° N y una longitud de 102° y 104° O. Con una altitud media sobre el nivel del mar de 1100 a1400 m. La precipitación pluvial promedio oscila entre los 200 y 250 milímetros. El clima de la región se clasifica como seco extremoso.

### **4.2. Animales Utilizados**

Se utilizaron todas las vacas en producción de cada establo (cuadro No.2) que hayan cumplido el periodo de espera voluntario, mayor de 45 días en leche y elegibles a ser inseminadas, que no estén considerados a candidatas a rastro por presentar alguna patología que las condene a no ser inseminadas como: matriz con adherencias, ubre desprendida, baja producción, infertilidad. Las vacas estaban alojadas en corrales de tipo intensivo con suelo de tierra. El suelo fue limpiado con una escropa tirado por un tractor, seguido por una rastra para remover la cama dos veces al día. La cama consiste en 20 cm de arena. Los pesebres estaban iluminados por lámparas y luz natural. Todas las vacas en producción no gestantes fueron integradas a un programa de prostaglandina.

Tabla 2. Muestra los establos, las técnicas utilizadas y los animales incluidos en el estudio

<b>ESTABLO</b>	<b>TÉCNICA UTILIZADA</b>	<b>No. ANIMALES EN PRODUCCIÓN</b>
C. Sagrado (E1)	Podómetro Crayón	2322
El Potrero (E2)	Podómetro Crayón Celador p.m. y a.m.	1148
El Campanario (E3)	Crayón Celadores a.m. y p.m.	789

#### **4.3. Detección de Celos**

En los establos con celadores las vacas fueron observadas por personal capacitado durante la noche de 18:00 a 07:00 h (en el establo No.2) y día y noche de 18:00 a 07:00 y 07:00 a 18:00 h (en el establo No.3). Los podómetros de (westfaliadandtechnik,) fueron colocados al inicio de la lactancia (en el establo No.1). Al leer la información en los 7 días previos en el programa de computo (dairy plan 5) almacena la información cada vez que entra a la sala de ordeño por un periodo indefinido. El crayón fue colocado y monitoreado por los inseminadores al momento de su recorrido en los tres establos.

#### **4.4. Salud de las Vacas**

El control de la salud del hato consiste en visitar el establo diariamente. Todos los tratamientos de salud y reproductivos fueron documentados en el sistema. Las vacas con problemas reproductivos fueron palpadas cada 7

días. Todas las estructuras ováricas fueron registradas; ret-placenta, endometritis, descarga vaginal, ovarios quísticos, y diversas enfermedades.

#### **4.6 Análisis estadístico**

Las variables fueron analizadas mediante el paquete estadístico MYSTAT 12, las variables con proporciones fueron evaluadas por la prueba de chi-cuadrada.

#### **4.7 Prueba de 24 días**

Siendo monitoreados durante 24 días las vacas elegidas con intervalos de 8 días entre prueba y prueba durante un año. Estos animales se enlistaron cada 8 días para ser evaluados en los próximos 24 días.

- 1) hacer una lista de las vacas que rebasen el periodo de espera voluntarios sin inseminación.
- 2) De las vacas que diariamente son encontradas en celo, verificar si alguna pertenece a la lista antes mencionada, de ser así, identificar la vaca en celo eliminándola de la lista.
- 3) Todas las vacas deberían desaparecer de la lista manifestando celo en un periodo de 24 días.
- 4) Todas las vacas que permanecieron en la lista es decir no manifestaron celo dentro de los 24 días fueron evaluadas, descartando las que hayan presentado alguna patología en el aparato reproductor y hayan sido eliminadas del rebaño durante la prueba.
- 5) Del total de las vacas que manifestaron celo fueron divididas entre el total de las vacas de la lista excepto las que manifestaron algún trastorno en el aparato reproductor o que fueron eliminadas del hato durante la prueba.

## Evaluación de detección de celos del 4 febrero al 27 febrero del 2009

Sala A Vacas > 45 días de parida	sala B Vacas > 45 días de parida
6095 CFL 6096 CFL 6102 CL 6109 CL 6112 SI 6113 SI 6115 SI 6117 CL 6118 SI 6119 CFS 6120 CFL 6121 CFL 6103 CS 6105 CL 6107 CS 6111 CS 6110 CFL 6092 CS 6106 CS 6069 INSM 6067 INSM 6097 INSM 6086 INSM 6081 INSM 6101 INSM 6114 INSM 6076 RASTRO 6070 RASTRO 6065 RASTRO 6066 INSM 6068 INSM 6071 INSM 6074 INSM 6079 INSM 6091 INSM	2566 SI 3608 SI 4939 NA HOSPITAL 4976 SI 7961 CFL 609 SI 779 SI 4737 CFL 5063 CFS 5074 SI 4984 CL 4932 CS 5098 CFL 5146 CFL 7912 CFL 5081 CS 4940 CS 4949 CS 5132 CS 5094 CS 2898 INSM 5025 INSM 7939 INSM 4602 INSM 5111 INSM 555 INSM 4679 INSM 4793 INSM 1637 INSM 7734 INSM 3184 INSM 4699 INSM 4961 INSM 3543 RASTRO 2178 INSM

6090 INSM	4927 INSM
6093 INSM	2507 INSM
6063 INSM	3300 INSM
6073 INSM	4594 INSM
6099 INSM	5114 INSM
6087 INSM	4567 INSM
6084 INSM	5131 INSM
6064 INSM	3202 INSM
6116 INSM	3711 INSM
6082 CL	4693 INSM
6083 SI	4908 INSM
6085 SI	3639 INSM
6088 CFL	4728 INSM
6077 CS	5138 INSM
6098 CS	7676 INSM
6104 SI	8003 INSM
6108 NA MAT-ADH	4774 INSM
6078 CFL	3354 INSM
6080 SI	5010 INSM
	5085 INSM
T=54	5182 INSM
	7505 INSM
	4667 INSM
	2550 INSM
	5152 INSM
	4832 SI
	5130 CS
	4470 SI
	4811 SI
	7928 SI
	2220 SI
	3736 CFL
	4717 SI
	4944 CFL
	5039 SI
	5082 SI
	7997 SI
	T=72



TOTAL DE VACAS ELEGIBLES	54
INS-Inseminadas	22
CS-Celos Sucios	20
SI- Sin Inseminar	8
C PASADOS	0
NA-No Aplica	1
CR-Candidatas	0
Ras-Rastro	3

TOTAL DE VACAS ELEGIBLES	72
INS-Inseminadas	39
CS-Celos Sucios	16
SI- Sin Inseminar	15
C PASADOS	0
NA-No Aplica	1
CR-Candidatas	0
RAS-Rastro	1

**Vacas Descartadas**                      **4**

**Vacas Descartadas**                      **2**

**Vacas Elegibles**                         **50**

**Vacas Elegibles**                         **70**

**Celos Detectados**                      **42**

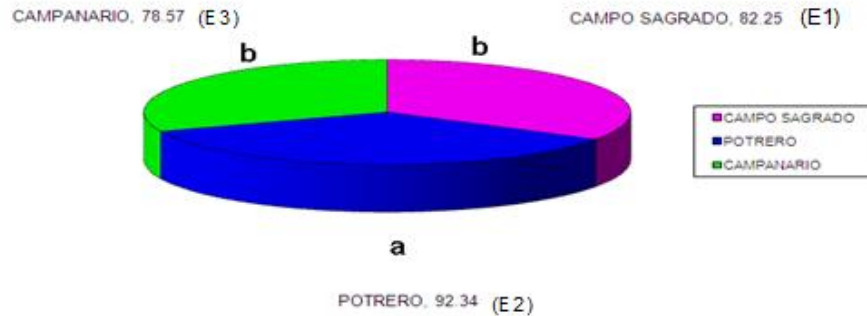
**Celos Detectados**                      **55**

**% de Detección**                        **84%**

**% de Detección**                        **79%**

Tabla 3. Ejemplo con números reales de una evaluación de una prueba de 24 días. Se valora la eficiencia en la detección de celos, no importa si se inseminaron o no solo que se hayan detectado en celo, descartando las vacas a rastro y las que no aplican (QOD, Matriz con adherencias, Ovarios Estáticos, Candidatas a Rastro, No Inseminar.)

## V. RESULTADOS Y DISCUSION



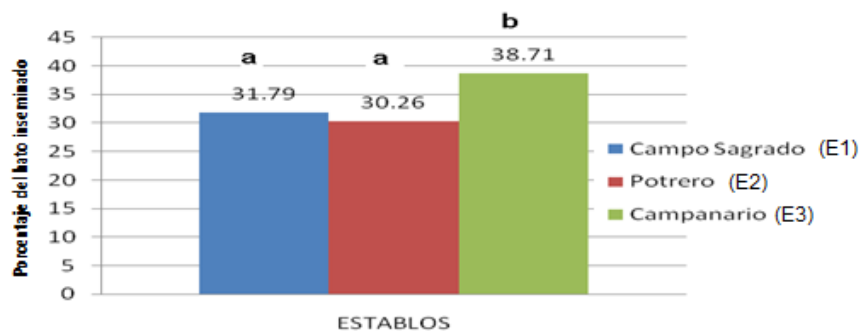
Literales diferentes indican diferencia estadística,  $P < 0.001$

Grafica 1. Muestra la tasa de detección de celo de los tres establos evaluados

Como se puede observar en la grafica 1 se muestra un mayor resultado en el establo 2 siendo este el que tiene más técnicas utilizadas; podómetro, crayón y celadores ( $E2=92.34\%$ ) encontrando una diferencia significativa en todos los meses evaluados en relación a los dos establos restantes que solo utilizan dos técnicas por cada establo como lo muestra el establo 1 y 3 ( $E1=82.25$  y  $E3=78.57$ ) aunque teniendo una diferencia para uno de ellos como fue el establo 3 ( $E3=78.57$ ) que utilizó solo crayón y celadores, no utilizando podómetros como el establo 1 y 2.

El podómetro tuvo una tendencia superior en eficiencia de detección de celo en relación al sistema tradicional como lo muestra el establo 1 y 2. Cabe mencionar que entre más herramientas utilicemos mejores resultados obtendremos como lo muestra el establo 2 y entre menor sean las técnicas

utilizadas es menor el resultado esperado como lo muestra el establo 3. Es importante señalar que no podemos dejar el trabajo de detección de celo basado únicamente por la medición electrónica debido a que puede tener variaciones por rutinas de manejo como en cualquier hato, como son: los corrales, calendarios de vacunación, tratamientos y todo lo que implica manipular el ganado así como fallas mecánicas.(Roelofs JB, 2005), sin embargo en este estudio se pudo remplazar el sistema tradicional de detección de celo visual por medición electrónica combinado con otras herramientas, como lo muestra el establo 1 donde únicamente se usa medición electrónica y crayón sin utilizar ni una sola persona para esta practica

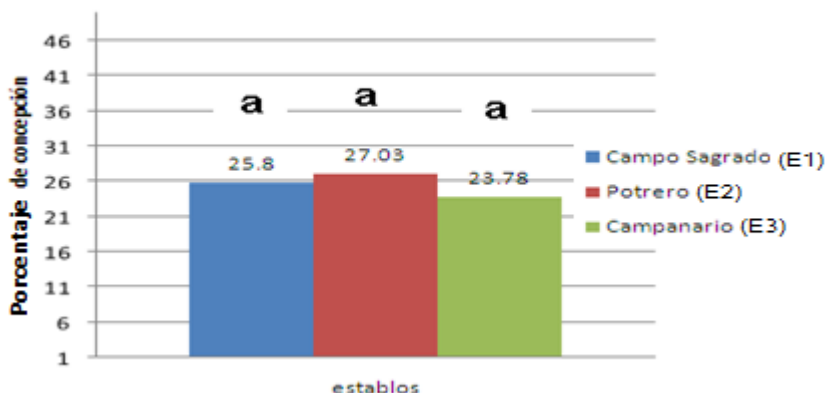


Literales diferentes indican diferencia estadística  $P = <0.001$

Grafica 2. Tasa del hato inseminado de los tres establos evaluados

Como se puede ver en la grafica 2 donde el establo 3 tuvo más altos porcentajes de inseminaciones que los establos 1 y 2 por lo tanto esperamos tener más vacas preñadas que estos dos últimos aunque haya tenido menos tasa de detección de celos como lo muestra la grafica 1. Cabe mencionar que el establo 3 tuvo mucho ganado para inseminar debido a su crecimiento del hato durante todo el año.

Siendo el objetivo de todo hato lechero tener una nueva lactancia de cada vaca por año y tener al mismo tiempo una nueva cría para nuestro reemplazo e iniciar una nueva lactancia, donde esperamos obtener la cantidad de 7 mil a 11 mil kilos de leche en el más corto tiempo, todo esto no lo podemos lograr sin un buen trabajo para poder preñar más vacas y para esto es necesario inseminar más vacas y esperando que una vez servidas queden preñadas y para ello tenemos que apoyarnos y utilizar las técnicas y herramientas disponibles en la detección de celos, buena calidad del semen, buena técnica de inseminación artificial, salud de la vaca.(J. Rodenburg, 2007). Ya que es común encontrar problemas que ya no están a nuestro alcance como son; que las vacas no estén ciclando, mala nutrición, deficiencias minerales, y aun mas critico cuando la principal limitante de que se insemine un bajo porcentaje de vacas elegibles como es la baja eficiencia en la detección de celos que hace que las vacas no sean inseminadas simplemente porque no son detectadas en celo a pesar de estar ciclando normalmente (Nebel, 1998). Está comprobado que en un hato entre mas vacas elegibles inseminemos es mayor la probabilidad de tener más vacas preñadas en el hato, ya que al inseminar y depositar el semen en el útero de la vaca siempre habrá la posibilidad de que haya una gestación, de lo contrario si no se insemina y no se deposita semen en las vacas el resultado de esperar una gestación será de 0 %.

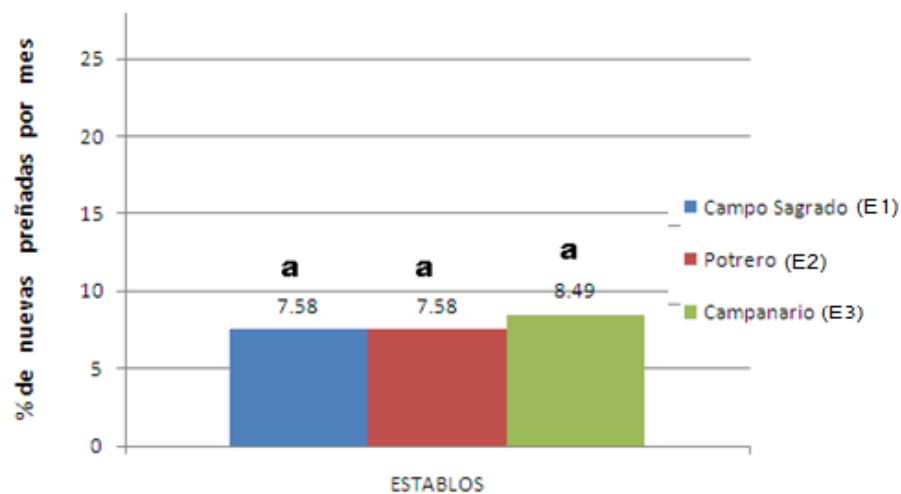


Literales iguales indican que no hay diferencia estadística,  $P \Rightarrow 0.05$

Grafica 3. Tasa de concepción

Esta grafica muestra una diferencia entre el establo 1 y 2 (25.88 y 27.03) contra el establo 3 (23.78), donde los dos primeros usaron el podómetro como herramienta para la detección de celos y el establo 3 no lo utilizo y tuvo los porcentajes más bajos de los tres establos, debe recordarse que este establo obtuvo mayor porcentaje de vacas inseminadas como lo muestra la grafica 2, sin embargo ésta ventaja no se vio reflejada en esta variable.

Actualmente la baja fertilidad en los hatos lecheros es el problema reproductivo más importante y se considera que es el que afecta la productividad de la empresa lechera, aunque es evidente relacionar las altas producciones y la baja fertilidad también es común encontrar hatos con vacas altas productoras y con buenos indicadores reproductivos, lo que indica que un hato con alto nivel de producción es reflejo de mejores prácticas de alimentación, salud y manejo reproductivo, (Judith., 2005). El servir a las vacas en el momento inadecuado es una de las causas de infertilidad, ciertamente hay muchas causas de infertilidad que no pueden predecirse y difíciles de controlar.



Literales iguales indican que no hay diferencia estadística,  $P > 0.05$

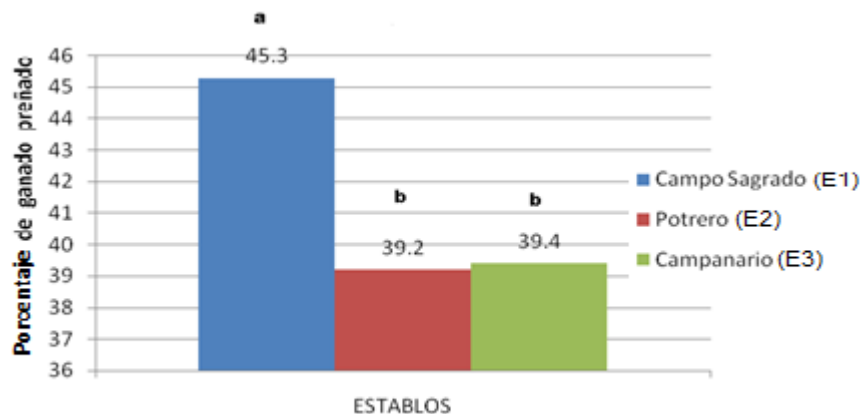
Grafica 4. Muestra el promedio de la tasa de nuevas preñadas por mes

En esta grafica muestra una diferencia en el parámetro de nuevas preñadas por mes entre del establo 3 ( $E3=8.49$ ) estando más alto que los establos 1 y 2 ( $E1=7.58$  y  $E2=7.58$ ), probando así que entre más vacas inseminemos mayor es la probabilidad de tener más vacas preñadas como lo fue el establo 3 donde tuvo mayor tasa de ganado inseminado como lo muestra la grafica 2 aunque tenga baja tasa de concepción como lo muestra la grafica 3 al final tiene mejor resultado en las nuevas preñadas por mes.

El parámetro de nuevas preñadas oscila en un 8 % mensual, esto ayuda a medir la eficiencia reproductiva en un hato lechero, lo cual es esencial para cualquier negocio comercial del ramo, teniendo estos números se puede hacer coincidir que el intervalo entre partos sea de 12 -13 meses lo cual se considera económicamente óptimo (Holmann *et al.*, 1984).

Varios son los factores por los que el comportamiento reproductivo de la vaca lechera se ve limitado, como por ejemplo la falla en la ovulación, acortamiento y pobre expresión del estro entre otros (Murugavelet *al.*, 2003). Posiblemente en relación a los resultados obtenidos en estas variables el hecho de la combinación de métodos de detección de celo provocó mayores porcentajes de preñez, ya que al detectar mejor las vacas en celo se logra inseminar un mayor número de vacas y por ende mayor porcentaje de preñez, para el caso del resultado del hato preñado, es una consecuencia directa del porcentaje de nuevas preñadas a través del año.

En las condiciones de este estudio se considera que en los establos lecheros se favorece al mejor desempeño reproductivo con la combinación de métodos descritos anteriormente ya que el manejo de los hatos en otros aspectos fue similar.



Literales diferentes indican diferencia estadística,  $P = <0.001$

(E3)

Grafica 5. Muestra el porcentaje de ganado preñado en el periodo evaluado.

En esta grafica podemos ver la diferencia en la tasa de ganado preñado en el establo 1 (E1 =45.3) en relación de los establos 2 y 3 que estuvieron muy abajo en este parámetro, considerando que E1 fue el único establo que no utilizo celadores (E2=39.2 y E3=39.4).

La baja fertilidad actualmente es el problema reproductivo más importante en los hatos lecheros y se considera es el que más afecta la productividad de la empresa lechera. En los últimos 50 años se ha observado, a nivel mundial, una disminución significativa de la fertilidad que ha coincidido con un incremento en la producción de leche, lo que demuestra una asociación entre ambas variables. (Butler, 1998)

Aunque es evidente la relación entre la alta producción y la fertilidad, la alta producción de leche por si misma no disminuye la fertilidad sino son los cambios metabólicos que impone la producción de grandes volúmenes de leche asociados con un consumo inadecuado de nutrimentos. (Villa-Godoy et al 1998; Lucy et al. 1992; Buter 2000). El servir a las vacas en el momento equivocado es una de las principales causas de infertilidad. Esta aseveración es respaldada únicamente por aquellos que trabajan en reproducción. Ciertamente hay muchas causas de infertilidad que no pueden ser predichas y en consecuencia son muy difíciles de evitar. Pero el momento de la inseminación es una que podemos controlar si se hace un buen trabajo de detección de calores. Uno de los principales factores que limitan el óptimo rendimiento reproductivo es la falla en la detección de celos de manera puntual y precisa, el incremento en el tamaño de los hatos y los rendimientos de leche han sido implicados en contribuir al decremento en la eficiencia reproductiva.



## VI. RECOMENDACIONES

El podómetro tuvo una tendencia superior en eficiencia de detección de celo en relación al sistema tradicional como lo muestra el establo 1 y 2. Cabe mencionar que entre más herramientas son utilizadas habrá mejores resultados como lo muestra el establo 2 y entre menor sean las técnicas utilizadas es menor el resultado esperado como lo muestra el establo 3. Es importante señalar que no podemos dejar el trabajo de detección de celo basado únicamente por la medición electrónica debido a que puede tener variaciones por rutinas de manejo como en cualquier hato, como son: los corrales, calendarios de vacunación, tratamientos y todo lo que implica manipular el ganado así como fallas mecánicas, sin embargo en este estudio se pudo reemplazar el sistema tradicional de detección de celo visual por medición electrónica combinado con otras herramientas, como lo muestra el establo 1 donde únicamente se usa medición electrónica y crayón sin utilizar ni una sola persona para esta práctica.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

At-Taras, E.E., and S.L. Spahr (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)

Edwards J.L., P.R. Tozer (2004) Using Activity and Milk Yield as Predictors of Fresh Cow Disorders  
Journal of Dairy Science Vol. 87, Issue 2; (524-531)

Jeffrey S. Stevenson (2001) Reproductive management of dairy cows in high milk-producing herds  
J. Dairy Sci. 84: (128-143)

Judith B Roelofs; Frank J C M van Eerdenburg; Nicoline M Soede; Bas Kemp (2005) Pedometer readings for estrous detection and as predictor for time of ovulation in dairy cattle.  
Theriogenology ;64:(703-1690)

Francke, H (1993) Arguments for the rescouter  
Dept.1260- 6.10.

Flamembaum, Israel (1997) Practicas sobre estrés calórico en Ganado lechero

Liu, X., S.L. Spahr (1993) Automated Electronic Activity Measurement for Detection of Estrus in Dairy Cattle

Journal of Dairy Science Vol. 76, Issue 10, (2906-2912)

Lucy MC, Staples CR, Thatcher WW, Erickson PS (1992) Influence of diet composition, dry matter intake, milk production and energy balance on time of post-partum ovulation and fertility in dairy cows

AnimProd ;54:323-331

Løvendahl, P., M.G.G. Chaguada (2010) On the use of physical activity monitoring for estrus detection in dairy cows

Journal of Dairy Science Vol. 93, Issue 1, (249-259)

Maatjet, K., S.H. Loeffler, and B. Engel (1997) Predicting optimal time of insemination in cows that show visual signs of estrus by estimating onset of estrus with pedometers

J Dairy Sci 80: (1098-1105)

Minoru Sakaguchi, Rysuke Fujiki, Kaori Yabuuchi, Yoshiyuki Takahashi and Mari Aoki (2007) Reliability of estrus detection in Holstein heifers using a radiotelemetric pedometer located on the neck or legs under different rearing conditions

J. Reprod. Dev. 53:(819-828)

Nebel, R L. (1997) New strategies for heat detection and timing of artificial insemination

Western dairy management conference

Las Vegas, Nevada. (13-15)

Nebel, R.L., M.G. Dransfield, S.M. Jobst and J.H. Bame (2000) Automated electronic systems for the detection of oestrus and timing of AI in cattle  
Animal Reproduction Science volumes 60-61 (713-123)

Rodenburg, J., and B. Murray (2007) Pedometry to Improve Reproduction

Roelofs JB, van Eerdenburg FJ, Soede NM, Kemp B (2005) Pedometer readings for estrus detection and as predictor for time of ovulation in dairy cattle

Theriogenology. 64(8); (1690-703)

Ronney D. Allrich. (1993) Estrous behavior and detection in cattle  
Food animal practice.Vol 9,2.

Stevenson, J. Ernest Minton Richard Pursley (1993) Ovarian Follicular Waves in Dairy Cows After Administration of Gonadotropin-Releasing Hormone at Estrus

Journal of Dairy Science Vol. 76, Issue 9, (2548-2560)

Stevenson, J.S., M.W. Smith, J.R. Jaeger, L.R. Corah, and D.G. LeFever (1996) Detection of estrus by visual observation and radiotelemetry in peripubertal, estrus-synchronized beef heifers

J. Anim. Sci. (729- 735)

Stephen J. Leblanc, Ken E. Leslie, Henry J. Ceelen, David F. Kelton, and Gregory P. Keefe (1998) Measure of estrus detection and pregnancy in dairy cows after administration of gonadotropin-releasing hormone within an estrus synchronization program based on prostaglandin PGF<sub>2α</sub>

J Dairy Sci81;(375-381)

Sveberg, G., A.O. Refsdal, H.W. Erhard, E. Kommisrud, et al. (2011) Behavior of lactating Holstein-Friesian cows during spontaneous cycles of estrus

Journal of Dairy Science. 94, 3: (1289-1301)

Wainstein, A.G., A.S Bernal, M.R. Iriondo y A.O. Luco (2001) Heatwach, electronic heat detección system used in holsteinfriesian

Arc. Zootec. 50: (403-406)



