



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

EFICIENCIA Y EXACTITUD DE LA DETECCIÓN DE ESTROS EN
GANADO *BOS INDICUS* COMPARANDO LA OBSERVACIÓN
CONTINUA *VERSUS* OBSERVACIÓN OCASIONAL.

T E S I S
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

P R E S E N T A:
FLAVIO BAUTISTA GONZÁLEZ

ASESORES:

MVZ PhD. Ivette Rubio Gutiérrez

MVZ PhD. Carlos S. Galina Hidalgo

MÉXICO, D.F.

2009





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

| Capítulos | Páginas |
|---|---------|
| I. INTRODUCCIÓN..... | 3 |
| II. HIPÓTESIS..... | 7 |
| III. OBJETIVO..... | 7 |
| IV. MATERIAL Y MÉTODOS..... | 8 |
| A. Animales..... | 8 |
| B. Localización..... | 8 |
| C. Sincronización..... | 9 |
| 1. Detección de conducta de estro..... | 9 |
| 2. Observación continua..... | 9 |
| 3. Observación ocasional (0000, 1800 horas)..... | 10 |
| 4. Simulación Observación ocasional (0000, 0600, 1200 y 1800 horas)..... | 10 |
| D. Protocolo de muestreo..... | 11 |
| E. Análisis estadístico..... | 12 |
| F. Evaluación de los métodos de detección de estro..... | 12 |
| 1. La eficiencia en la detección..... | 13 |
| 2. La exactitud en la detección de estro..... | 13 |
| V. RESULTADOS..... | 14 |
| G. Primera parte..... | 14 |
| 1. Presentación y hora de inicio de actividad sexual..... | 14 |
| 2. Duración de estro..... | 15 |
| 3. Concentraciones de progesterona..... | 17 |

| | |
|--|----|
| H. Segunda parte..... | 18 |
| 1. Detección de celos en observación continua..... | 18 |
| 2. Detección de celos en observación ocasional (dos periodos)..... | 19 |
| I. Tercera parte..... | 21 |
| 1. Simulación con el fin de comparar la exactitud de la detección de estro con observación ocasional versus observación continua..... | 21 |
| 2. Detección de celos en observación ocasional (cuatro periodos durante el día)..... | 22 |
| VI. DISCUSIÓN..... | 23 |
| VII. CONCLUSIONES..... | 27 |
| VIII. BIBLIOGRAFÍA..... | 28 |

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Número de vacas detectadas y sin detectar en estro por observación continua y niveles de progesterona.....19
- Figura 2. Número de vacas detectadas y sin detectar en estro por observación ocasional y niveles de progesterona.....20
- Figura 3. Presentación del comportamiento reproductivo posterior al retiro del implante, observación continua.....34
- Figura 4. Comportamiento en estro posterior al retiro del implante en la fase uno y dos, con dos periodos de observación ocasional al día.....35
- Figura 5. Número de vacas por categoría en las fases, con periodos de observación ocasional al día (0600, 1800 horas).....36
- Figura 6. Comportamiento en estro posterior al retiro del implante en la fase uno y dos, con dos periodos de observación ocasional al día.....37
- Figura 7. Número de vacas por categoría en las fases, con periodos de observación ocasional al día (0600, 1800, 1200, 1800).....38

LISTA DE CUADROS

| | |
|--|----|
| Cuadro 1. Clasificación de número de horas en estro después de la detección..... | 13 |
| Cuadro 2. Duración, hora de inicio y término de las actividades sexuales (subgrupo uno y dos)..... | 15 |
| Cuadro 3. Las concentraciones medias de progesterona correspondientes a los cinco muestreos..... | 17 |

*Este trabajo está dedicado a Margarita Muñoz Rodríguez
y a mi abuela María Elena Otero.*

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi país México, a las instituciones que han contribuido en mi formación académica en especial a mi Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia y a su departamento de Reproducción, pero sobre todo a la Universidad Nacional Autónoma de México.

Agradezco y les guardo un profundo respeto, admiración y estima a todos aquellos profesionales veterinarios que influyeron positivamente en mi formación académica y de vida, cito a algunos que siempre guardo en mi mente: MVZ Ivette Rubio G, MVZ. Manuel Corro M., MVZ Benjamín Alarcón, MVZ Marco Antonio Alarcón Z., MVZ Alejandro Jiménez J, Biólogo Daniel Díaz E., MVZ Jesús de la Mora M., MVZ Jorge Ávila G., MVZ Hector Basurto C.

A mi jurado: MVZ MPA Edgardo Canizal Jiménez, MVZ EPA Filemon Cruz Ceballos, MVZ PhD Ivette Rubio Gutierrez, MVZ Dr. Antonio I. Porras Almeraya, MVZ PhD Dr. Carlos Gutiérrez Aguilar.

A mi novia Margarita Muñoz Rodríguez, por ser y estar en los momentos y por su ayuda incondicional.

A mi abuela, a mis padres Vicente y María, y a ti hermano que estás siempre en mi corazón a pesar de la distancia, los amo.

A todos mis amigos que son parte de mi vida, Esteban Sánchez M, Marco Antonio Alarcón, Gustavo Flores C, Adria Pacheco A., Alejandro Jiménez J., Diana O. Chávez, Mauricio Mercado A., Abraham Cohen M., Andrea Belmont, Fabiola Duron, Maca Ducoing, Juliana Soto.

RESUMEN

BAUTISTA GONZÁLEZ FLAVIO. Eficiencia, y exactitud de la detección de estros en ganado *Bos indicus* comparando la observación continua versus observación ocasional. (Bajo la supervisión de la MVZ PhD Ivette Rubio Gutiérrez y el MVZ PhD Carlos S. Galina Hidalgo).

El objetivo de este estudio fue comparar la eficiencia y la exactitud de la detección de estro mediante la observación continua versus observación ocasional en dos momentos del día (0600, 1800 horas). Para este fin se evaluó la conducta estral y concentraciones hormonales de progesterona, para comparar los métodos de detección de estros, después de un tratamiento sincronizador basado en la utilización de un implante de progesterona natural (CIDR®) por nueve días y la aplicación de un análogo sintético de prostaglandina F2 α (Lutalyse®) al retiro del implante. Se registró el comportamiento sexual de manera continua (24 horas/día) durante 95 horas. Se utilizó un grupo de 50 hembras multíparas, no gestantes, sin cría, de raza Brahman que se dividieron en 17 y 33 animales. El tiempo de presentación de celo post retiro de implante fue de 31 horas y 37 horas en el primer y segundo subgrupos. Treinta y seis de las 50 vacas que fueron sincronizadas presentaron estro, con una eficacia del 72% por observación continua, mientras que la observación ocasional detectó un 64% (32/50). Al generar una simulación con cuatro periodos de observación al día (0000, 0600, 1200, 1800 horas) se estimó un 70% (35/50) de vacas que serían detectadas en

calor si se utilizara este método. La exactitud de la observación ocasional (dos periodos) se encontró que el 28% de las hembras son detectadas en las primeras tres horas del inicio de su celo, el 17% de las vacas fueron detectadas con cuatro a ocho horas en celo al momento de la detección y el 36% con nueve a once horas en estro al momento de detectarlas en calor por el observador. Al aumentar el número de observaciones (cuatro periodos) el 44% de las hembras son detectadas en las primeras tres horas del inicio de su celo y el 53% que corresponde a vacas con cuatro a ocho horas en celo al momento de la detección.

I INTRODUCCIÓN

El ganado bovino cebuino (*Bos indicus*) constituye el genotipo más abundante y diversificado en la población ganadera bovina en el trópico mexicano. Este grupo y sus cruzamientos predominan para la producción de carne y leche en condiciones tropicales, esto se debe a la notable adaptación, dado por la rusticidad y resistencia que manifiesta en este tipo de climas (1,2).

En comparación con el ganado europeo (*Bos taurus*), el ganado cebuino (*Bos indicus*) presenta algunas diferencias reproductivas (1).

Por ejemplo el periodo de receptividad sexual durante el estro es más corto del que se observa en el ganado europeo. A esto hay que agregar que no todas las vacas muestran signos de receptividad aunado a otros factores que afectan la expresión del estro como son: la fuerte influencia de la estructura social dentro del hato, factores ambientales, prácticas de manejo, y la relación alimentación-nutrición. (3).

El éxito del genotipo cebú en los trópicos se ve limitado por sus características reproductivas desfavorables (4). La eficiencia reproductiva es uno de los elementos para la evaluación de la productividad del hato y las fallas en la detección de estros tienen un importante impacto negativo sobre la fertilidad de los animales, aumentando el número de días abiertos. En el ganado bovino lechero se estima que los hatos mexicanos la eficiencia en la de detección de estros alcanza

un promedio de 56% (5), mientras que en ganado cebuino criado bajo condiciones tropicales (1,6), la eficiencia en la detección del estro en promedio es menor independientemente de las combinaciones de tratamientos farmacológicos seleccionados. Sin embargo, la fertilidad a estro detectado difícilmente sobrepasa el 40% (7,8). Es entonces que la detección de estros es la primera y una de las mayores limitaciones para servir y gestar a un animal cuando se utilizan biotecnologías reproductivas como es el caso de la inseminación artificial (9).

La adecuada observación directa como una técnica de detección de estro se ve afectada por la frecuencia, la duración y la hora en que se realizan los periodos de observación (10). Es por esta dificultad en la detección de estros en ganado cebuino, que se ha incorporado la sincronización de los estros, utilizando mayormente para ello métodos hormonales (11). La manipulación del ciclo reproductivo y la inducción del estro mediante el uso de fármacos se utiliza con el fin de homogeneizar el período de presentación del estro, así como para facilitar la interacción entre las hembras dentro del hato. Todo esto con el fin de poder establecer el tiempo óptimo para la inseminación artificial.

La sincronización del estro implica la manipulación del ciclo estral o bien la inducción del estro. Para ello se requiere no únicamente del control de la fase lútea sino también de la presencia de un folículo dominante viable al final de cualquier tratamiento elegido y de esta forma tener un alto porcentaje de hembras en estro en un momento previamente determinado con altas probabilidades de ovular. Los programas de sincronización mediante hormonas tienen dos rutas; en la primera ocurre la remoción o lisis del cuerpo lúteo, de

manera que todos los animales entren en la fase folicular del ciclo a tiempos similares. El segundo acercamiento consiste en la prolongación artificial de la fase lútea y en la supresión del desarrollo folicular, de manera que después de remover el bloqueo farmacológico todos los animales entran en estro en forma homogénea. De acuerdo con el método utilizado y el tipo de ganado en cuestión, pueden esperarse diferentes probabilidades de éxito (12).

En la implementación y uso de biotecnologías reproductivas como son la transferencia de embriones y la inseminación artificial, los métodos de sincronización juegan un papel fundamental, un producto comercial empleado en estos casos es un dispositivo liberador de droga interna controlada (CIDR®, por sus siglas en inglés) este implante de 1,9 gramos de progesterona natural y su combinación con otras hormonas, se usa en gran cantidad de protocolos para sincronizar, demostrando ser una herramienta satisfactoria para incrementar el porcentaje de estros en el ganado (13).

La sincronización es entonces una herramienta para la optimización de tiempo y recursos, facilitando el manejo de los animales al agruparlos, y lograr la reducción de la temporada de servicios y en consecuencia la temporada de partos, esto obviamente permite optimizar la mano de obra y los costos en la empresa ganadera.

Para que la implementación de un método de detección de estro sea de utilidad práctica en las condiciones del trópico, las mediciones deben ser fáciles de realizar, sin requerimientos laboriosos, con una alta exactitud en la identificación de los eventos fisiológicos y de comportamiento que están relacionados con el estro (14), pero sobre todo costeables y adaptables a la infraestructura del lugar.

La insistencia en el estudio de los métodos visuales de detección de celo, radica en la facilidad de su implementación y en la aceptación que tiene en gran parte de las fincas ganaderas, sin embargo la falta de entendimiento de los signos de estro por parte de los empleados y los periodos de observación insuficientes, generan un bajo porcentaje de detección. Es así que la eficiencia en la observación directa como una técnica de detección de celo se ve afectada por la frecuencia, la duración y la hora en que se realizan los periodos de observación (10).

En última instancia, el éxito de cualquier nueva tecnología para la solución del problema de la detección de estro depende de tres factores (14):

- 1) La tecnología debe resolver el problema con un alto rango de efectividad.
- 2) La tecnología deben ser realmente rentable y contribuir al aumento de la rentabilidad de la industria pecuaria.
- 3) La tecnología debe hacer la vida más fácil para el equipo de gestión.

Esta tecnología que debe cumplir estos tres requisitos buscando a largo plazo un impacto positivo en todo el mundo. La falla en la detección es una de las causas tradicionales de pérdidas económicas para la empresa ganadera, ya que los animales ignorados seguirán generando gastos diarios de manutención sin la

certeza de que tengan un parto al año siguiente. La detección adecuada del momento en que una vaca entra en celo significa la oportunidad para que sea inseminada a tiempo (15).

Tradicionalmente se realiza mediante la inspección visual del personal de la explotación ganadera, lo que suele causar numerosas imprecisiones y omisiones.

II HIPÓTESIS

La exactitud en la detección de estros en ganado *Bos indicus* será mayor en un sistema de observación continua que en un sistema de observación ocasional.

III OBJETIVO

Determinar la eficiencia y exactitud evaluando de la observación continua *versus* observación ocasional.

IV MATERIAL Y MÉTODOS

A. *Animales*

Se utilizó un grupo de 50 hembras adultas de la raza Brahman, multíparas, mayores de cinco años, no gestantes, sin cría al pie y mantenidas en pastoreo. Las vacas mantuvieron una condición corporal promedio de 3.0 de acuerdo a la escala de 1 a 5, en donde 1 = vaca emaciada y 5 = vaca obesa (16). Con un peso promedio de 494 kg al momento de la detección de estro.

B. *Localización*

El trabajo fue realizado en el módulo de producción de vaquillas F1, Rancho “La Soledad”, perteneciente al Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, situado en el Km 3.5 de la carretera Martínez de la Torre-Novara, Municipio de Atzalán, Veracruz, México. El Centro está ubicado a 19°50' latitud Norte y 97°1' longitud Oeste, a una altura de 150 m sobre el nivel del mar.

La temperatura media anual fue de 25.2° C, con una precipitación pluvial media anual de 1,679 mm. La clasificación climática corresponde al tipo Af (m) w” (e) caliente y húmedo, con lluvias todo el año, sin estación seca definida (17). La temperatura media es mayor a 17.8° C. La precipitación en los meses más húmedos (Abril a Noviembre) es de 83.4% y en los meses menos húmedos (Marzo a Junio) es de 4.1%.

C. Sincronización

Los animales fueron sincronizados con un dispositivo intravaginal (Eazy-breed CIDR®, 1.9 g de progesterona natural en silicona, Pfizer®, México), que permaneció *in situ* por 9 días. Al momento del retiro del implante se les administró por vía intramuscular 25 mg de prostaglandina F2 α (Lutalyse®, Pfizer®, México).

1. Detección de conducta de estro

El estudio fue dividido en dos subgrupos, en el primero se utilizaron 33 vacas y en el segundo 17 vacas. Todos los animales se identificaron con un número progresivo que se pintó en los costados, permanecieron durante todo el experimento en un potrero de observación de aproximadamente 2.5 hectáreas, dividido para pastoreo rotacional. El estudio se realizó durante los meses de agosto a septiembre que corresponde a la época de lluvias en la región.

2. Observación continua

Con el fin de detectar la exactitud en el comienzo de la conducta de celo, veinticuatro horas posteriores a la administración de prostaglandina F2 α se observó a los animales de manera continua hasta que se cumplieron 95 horas, todas las actividades fueron registradas anotando la hora en la que se realizó el evento. Para este cometido se asignaron grupos de dos observadores por periodos de tres horas cada grupo, para recabar toda la información sobre la actividad sexual que se generó al momento en que esta ocurría, de acuerdo a la metodología propuesta por Orihuela *et al* (1990) (10).

Se determinó a una vaca en estro o celo cuando tuvo un periodo de actividad sexual de por lo menos tres montas durante un período de una hora, limitado en sus extremos por cuatro o más horas de inactividad de tipo sexual.

3. Observación ocasional (0600, 1800 horas)

Este método consistió en la observación visual directa en dos periodos al día de una hora cada uno (0600-0700 y 1800-1900), durante todo el experimento. Se ocuparon a las mismas vacas, manteniéndose de manera coordinada y simultánea la observación continua. Estos animales fueron observados por dos personas entrenadas en la manifestación del comportamiento bovino, estos observadores ocasionales eran independientes de los encargados de observar de manera continua y desconocían la información generada en esta parte del estudio.

Para este método se define a una hembra en estro a aquella vaca que mostró conductas homosexuales, es decir la que fue receptiva a ser montada por una compañera del hato (18).

4. Simulación Observación ocasional (0000, 0600, 1200 y 1800 horas)

Con el fin de estimar el momento más conveniente para detectar el comienzo del período de celo, se tomaron arbitrariamente cuatro períodos de observación con una duración de una hora cada uno, en la mañana (0600-0700, 1200-1300) y por la tarde y noche (1800-1900, 0000-0100). Tomando los registros de comportamiento por el método de observación continua se llevó a cabo una simulación en donde se estima el número de vacas que se detectarían en estro durante cuatro periodos al día, por ende se aumenta hipotéticamente el tiempo destinado a observar la conducta de las hembras en estro sincronizado.

D. Protocolo de muestreo

Se obtuvieron muestras de sangre mediante la técnica de punción de la arteria coccígea con el uso de equipo para sangrado, agujas estériles y tubos sin anticoagulante.

Se tomaron 5 muestras sanguíneas de cada vaca: La primera, una semana antes de colocar el implante, la segunda el día de la inserción del implante. Estas dos primeras muestras fueron destinadas a estimar la evidencia hormonal de ciclicidad o inactividad ovárica. La tercera fue tomada un día posterior al retiro del implante con el fin de verificar si existió una adecuada lisis del cuerpo lúteo en los animales que se encontraban ciclando. El cuarto y quinto muestreo 11 y 16 días posteriores al retiro del implante. Con estas dos últimas muestras se verificó el número de hembras en el estudio que formaron un cuerpo lúteo, evidencia de que el celo observado iba acompañado de una ovulación.

La progesterona (P4) plasmática se procesó de acuerdo a lo propuesto por Pulido *et al*, (1991) (19). Se determinó como presencia de un cuerpo lúteo funcional aquellas muestras en las que los niveles de progesterona fueron mayores a 1 ng/ml.

E. Análisis estadístico

Al tener un número diferente de animales en la fase uno (n=33) y dos (n=17), se compararon entre las fases cada una las distribuciones de las mediciones de horas en estro, número de montas recibidas por hora, para tal fin se utilizó la prueba de t de student

F. Evaluación de los métodos de detección de estro

Para establecer las características diagnósticas de los métodos de observación (sensibilidad, especificidad, valores predictivos positivo y negativo) se utilizó el programa WinEpiscope (20), en donde la evaluación del diagnóstico de los métodos de detección de estro se estableció con respecto a la presencia de progesterona sérica menor a 1 ng/ml en el tercer muestreo, así como la presencia de progesterona sérica mayor a 1 ng/ml en el cuarto y quinto muestreo. Se consideraron para este propósito, como verdadero positivo (VP) a las vacas que tienen evidencia de estro por progesterona y son observadas en calor, como verdadero negativo (VN) a la evidencia de estro por detección de progesterona pero con ausencia de estro, como falso positivo (FP) a las vacas sin evidencia de estro por detección de progesterona y que fueron detectadas en calor, y falso negativo (FN) cuando no se registró evidencia de estro por detección de progesterona aunado a la ausencia en la manifestación de estro (21). Para establecer una comparación entre métodos de observación se realizó una prueba de Kappa de Cohen.

1. La eficiencia en la detección de estro

Se definió como la relación entre los estros observados durante el periodo de observación con respecto a los estros determinados por la evidencia de estro con los niveles séricos de progesterona (22).

2. La exactitud en la detección de estro

Se definió como el número de vacas detectadas en el momento más cercano al inicio del estro, colocando a las vacas dentro de categorías; en la primera encontramos a las vacas con una a tres horas en actividad sexual al momento de su detección en estro, la segunda corresponde a aquellas vacas con cuatro a ocho

horas en estro al momento de la detección, en la tercera tenemos a aquellas vacas en calor con nueve a doce horas en estro al momento en que son detectadas, mientras que en la última categoría están aquellas vacas que no fueron detectadas en estro. Para determinar el número de horas en estro que cada vaca tenía al momento de ser detectada durante el periodo de observación los datos se tomaron de los registros de comportamiento por el método de observación continua.

| Categorías | Horas |
|------------|--------------|
| Primera | 1-3 |
| Segunda | 4-8 |
| Tercera | 9-12 |
| Cuarta | Sin detectar |

Cuadro 1. Clasificación de número de horas en estro después de la detección.

V. RESULTADOS

G. *Primera Parte*

1. Presentación y hora de inicio de actividad sexual

La respuesta de estro obtenida después del retiro del implante fue del 79% en la fase uno (26/33), con un inicio del estro a las 31 horas, mientras que en la fase dos el 59% (10/17) mostraron signos de estro, iniciando actividades a las 38 horas del estudio.

En la **figura 3** se presenta un arreglo conforme los animales entraron en estro después del retiro del implante. Entre las fases se observa dispersión de las actividades sexuales y se distingue que la duración de horas en estro se ve afectada por el número de participantes, esto es que al existir un menor número de animales las horas en celo se alargan. Se observa que la longitud del estro tiene un intervalo de 2 a 24 horas.

2. Duración de estro

Cuadro 2: Duración de estro, montas recibidas, duración del estro en vacas.

Subgrupo uno

| Id Vaca | Horas en estro | Montas recibidas | Horas inicio estro | Hora fin estro |
|-----------|----------------|------------------|--------------------|----------------|
| 19 | 15 | 32 | 33 | 47 |
| 12 | 22 | 67 | 31 | 52 |
| 11 | 17 | 30 | 31 | 47 |
| 24 | 24 | 54 | 38 | 61 |
| 10 | 12 | 19 | 45 | 56 |
| 6 | 3 | 3 | 52 | 54 |
| 8 | 10 | 12 | 44 | 53 |
| 9 | 15 | 31 | 44 | 58 |
| 30 | 11 | 19 | 45 | 55 |
| 15 | 15 | 27 | 46 | 60 |
| 20 | 12 | 37 | 50 | 61 |
| 25 | 11 | 7 | 53 | 63 |
| 2 | 6 | 13 | 53 | 58 |
| 17 | 7 | 7 | 55 | 61 |
| 32 | 12 | 14 | 66 | 77 |
| 26 | 3 | 9 | 66 | 68 |
| 3 | 10 | 31 | 84 | 93 |
| 28 | 14 | 15 | 73 | 86 |
| 13 | 13 | 28 | 81 | 93 |
| 22 | 2 | 3 | 90 | 91 |
| 31 | 4 | 3 | 70 | 73 |
| 21 | 2 | 7 | 66 | 67 |
| 4 | 9 | 18 | 80 | 88 |
| 5 | 12 | 15 | 81 | 92 |
| 29 | 15 | 43 | 80 | 94 |
| 16 | 9 | 24 | 86 | 94 |
| Promedios | 10.96 | 21.85 | 59.35 | 69.31 |
| E.E. | 1.11 | 3.14 | 3.62 | 3.23 |
| Id Vaca | Horas en estro | Montas recibidas | Horas inicio | Hora fin |

Subgrupo dos

| | | | estros | estros |
|-----------|-------|-------|--------|--------|
| 44 | 14 | 28 | 44 | 57 |
| 39 | 14 | 50 | 39 | 52 |
| 36 | 12 | 58 | 43 | 54 |
| 43 | 12 | 23 | 49 | 60 |
| 51 | 6 | 12 | 57 | 62 |
| 40 | 8 | 21 | 54 | 61 |
| 46 | 16 | 37 | 59 | 74 |
| 47 | 12 | 20 | 69 | 80 |
| 41 | 17 | 27 | 77 | 93 |
| 37 | 2 | 7 | 92 | 93 |
| Promedios | 11.30 | 28.30 | 58.30 | 68.60 |
| E.E. | 1.48 | 5.06 | 5.29 | 5.45 |

Al comparar las horas en estros, montas recibidas, hora de inicio y fin de estros, no se encontraron diferencias estadísticas entre los subgrupos ($P > 0.05$). Por lo que en la presentación de resultados se incluyen al subgrupo uno y al subgrupo dos y se tomó como un solo grupo.

Se registraron oscilaciones en la duración del estros entre 4 y 22 horas, sin embargo el promedio general fue de 11 horas, con un promedio de 25 montas recibidas por vaca.

3. Concentraciones de progesterona

Cuadro 2: Concentraciones de progesterona en vacas *Bos indicus* pre y post implante.

| | 1 semana pre-implante (Día -16) 1era | Inserción implante (Día -9) 2a | 1 día post retiro implante y PGF2 α (Día 0) 3era | 1 semana posterior a la detección (Día 11) 4a | 2 semana posterior a la detección (Día 16) 5a |
|---|---|---|--|--|--|
| Media \pm E.E. ^c | 2.83 \pm 0.43 | 3.35 \pm 0.43 | 0.63 \pm 0.14 | 3.84 \pm 0.30 | 6.70 \pm 0.45 |
| % Muestras con P4 >1 ng/ml ^b | 67 (29/43) | 64 (32/50) | 14 (7/49) | 92 (46/50) | 96 (47/49) |
| % Muestras con P4 <1 ng/ml ^b | 33 (14/43) | 36 (18/50) | 86 (42/49) | 8 (4/50) | 4 (2/49) |

^a Media y Error Estándar de valores de progesterona. Los valores superiores a 1 ng/ml de P4 indican la presencia de un cuerpo lúteo funcional.

^b % (concentraciones de P4 / número de vacas muestreadas).

Un 35% de vacas tuvieron niveles inferiores a 1ng/ml de P4, lo que sugiere un estado de anestro en estas vacas. Mientras que un día después, al retiro del implante y de la aplicación de PGF2 α tan solo el 14% de los animales no disminuyeron sus concentraciones de progesterona. Al considerar las concentraciones de P4 alcanzadas después de la manifestación de los signos de estro se encontró que en promedio el 94% de las hembras en el cuarto y quinto muestreo registraron valores superiores a 1 ng/ml de P4 indicando que estos animales presentaron una ovulación y en consecuencia formaron un cuerpo lúteo funcional.

H. SEGUNDA PARTE

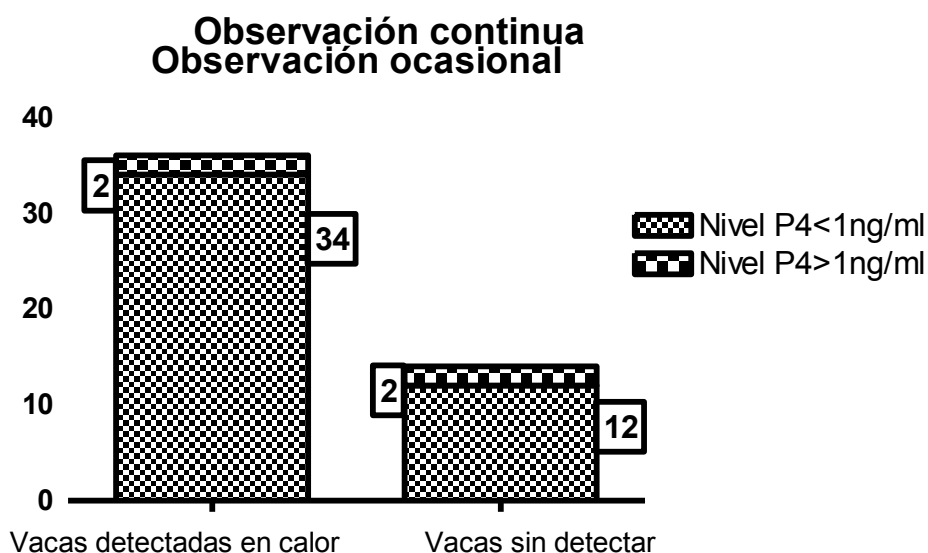
1. Detección de celos en observación continua

La eficacia en la detección de estro bajo este tipo de observación fue de un 72% (36/50).

Los resultados de la evaluación por este método fueron de un 68% (34/50) como verdaderos positivos VP (evidencia de estro por progesterona y observadas en calor). Un 4% (2/50) de verdaderos negativos VN (evidencia de estro por detección de progesterona y ausencia de la manifestación del estro). Un 4% (2/50) de falsos positivos FP (vacas sin evidencia de estro por detección de progesterona y que fueron detectadas en calor) y un 24% (12/50) de falsos negativos FN (sin evidencia de estro por detección de progesterona y ausencia en la manifestación de estro).

Los resultados demuestran una sensibilidad del 73.9%, y especificidad del 50%, un valor predictivo positivo del 94.4% y un valor predictivo negativo del 14.2% (**Figura 1**)

Figura 1. Número de vacas detectadas y sin detectar en estro por observación continua y niveles de progesterona.

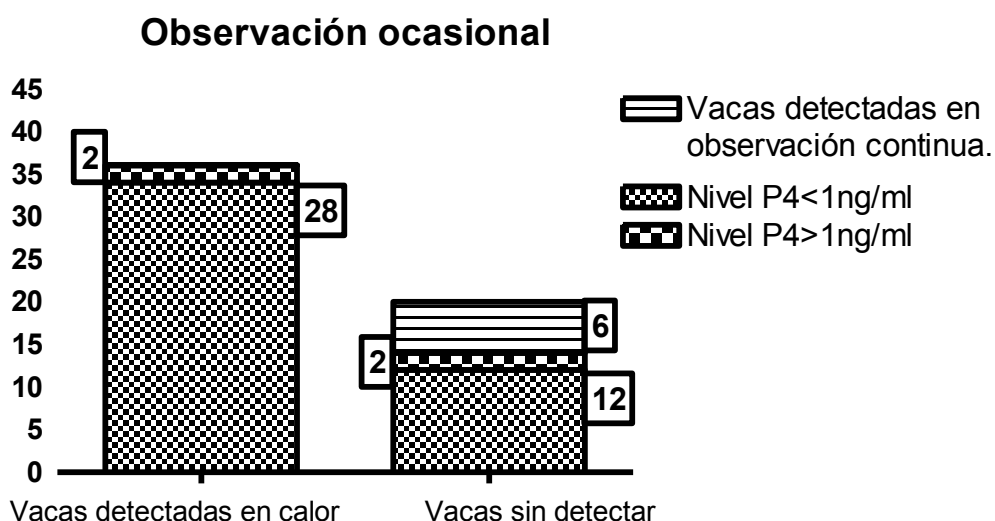


2. Detección de celos en observación ocasional (dos periodos)

La eficacia en la detección de estro fue de un 60% (30/50). Sin embargo este método de observación ocasional, no detectó en estro a 20 vacas, encontrando una diferencia de seis vacas sin detectar en estro cuando se le comparó con el método de observación continua.

En la evaluación de la detección con observación ocasional durante dos periodos al día (0700 y 1600 horas) fue de un 56% (28/50) como verdaderos positivos VP. Un 4% (2/50) de verdaderos negativos VN. Un 4% (2/50) de falsos positivos FP y un 36% (18/50) de falsos negativos FN. Los resultados demuestran una sensibilidad del 60.8%, y especificidad del 50%, un valor predictivo positivo del 93.3% y un valor predictivo negativo del 10% (**Figura 2**).

Figura 2. Número de vacas detectadas y sin detectar en estro por observación ocasional y niveles de progesterona.



Bajo el método de detección de estros con observación ocasional, no se detectaron en estro a 20 vacas, encontrando una diferencia de seis vacas sin detectar cuando se le comparo con el método de observación continua.

Para determinar la relación existente entre los métodos de detección de estro por observación continua versus observación ocasional, se realizó la prueba de Kappa de Cohen con la cual se obtuvo una $k = 0.73$ demostrando una alta concordancia entre los métodos.

En la **figura 4** se muestra la distribución de vacas detectadas en estro con dos periodos de detección durante el día (0600, 1800 horas).

La exactitud en la detección corresponde al 28% (10/36) de hembras detectadas en estro en la primera categoría, que va de una a tres horas en estro al momento de detectarlas. Para la segunda categoría, se detecto un 17% (19/36) que corresponde a aquellas vacas con cuatro a ocho horas en estro al momento de la detección, y para la tercera categoría de nueve a 11 horas con un 36% (13/36). En la categoría de vacas sin detectar se tuvo un 17% correspondientes a seis vacas (**Figura 5**).

I. TERCERA PARTE

1. Simulación con el fin de comparar la eficiencia de la detección de estro con observación ocasional (dos periodos) versus observación ocasional (cuatro periodos).

La eficiencia en la detección de estro de la simulación por el método de observación ocasional fue de un 70% (35/50). Este método no detectó en estro a 15 vacas del total de 50 vacas sincronizadas, encontrando una diferencia de solo una vaca sin detectar en estro cuando se le comparó con el método de observación continua. Mientras que cuando se comparó entre los métodos de observación ocasionales dos y cuatro periodos durante el día se encontró que el método ocasional (cuatro periodos) detectó a 5 vacas más en estro en comparación al otro método de observación ocasional (dos periodos). Esto indica que al reducir el tiempo entre periodos de detección se obtuvo mayor oportunidad de detectar a una vaca en celo y con la ventaja de una detección sin que hayan transcurrido muchas horas desde el inicio de estro.

2. Detección de celos en observación ocasional (cuatro periodos durante el día)

En la **figura 6** se muestra la distribución de vacas detectadas en celo si se utilizaran cuatro periodos durante el día (0000, 0600, 1200, 1800 horas).

La exactitud corresponde al 44% (16/36) de hembras detectadas en estro en la primera categoría, vacas que tienen una a tres horas en actividad al momento de detectarlas en estro. Para la segunda categoría, se detectó un 53% (19/36) que corresponde a aquellas vacas con cuatro a ocho horas en estro al momento de la detección, y en la tercera no tenemos registro porque al disminuir el intervalo en observación no pueden existir vacas en esta categoría, mientras que no se detecta un 3% correspondiente a una vaca (**Figura 7**).

VI DISCUSIÓN

El uso de tratamientos de sincronización utilizando implantes con progesterona y aplicando prostaglandina F2 α tiene buenos resultados en el control de la sincronización, obteniéndose respuestas que van del 70 al 85% (23,24). En el presente trabajo la respuesta a la sincronización y en consecuencia la manifestación de las conductas sexuales fue de un 72% (36/50). La presentación del celo, una vez retirado el implante, ocurrió en el primer grupo a las 31 horas y en los animales del segundo grupo a las 38 horas. En cuanto al tiempo transcurrido a la presentación del celo las fases se encuentran dentro del rango reportado en otros estudios, donde se menciona que la presentación del celo, una vez retirado el implante puede ser de 43 ± 13.2 horas (25).

Como era de esperarse la duración del estro fue diferente entre individuos (24,26), se registraron oscilaciones en la duración del estro entre 4 y 22 horas, sin embargo el promedio general fue de 11 horas, valor que se encuentra dentro de los intervalos establecidos para el ganado Cebú en condiciones del trópico húmedo mexicano (24,27). La duración del estro está relacionada al número de participantes así en el caso de la fase dos del presente estudio donde solamente había 17 animales se pudo observar que al haber un menor número de participantes el tiempo en estro de los animales fue mayor, tal como lo publicó Williamson *et al.*(1972) (28). La asincronía, la dispersión y el tamaño del hato son factores que determinan el momento de la inseminación artificial cuando se ocupa la observación como método de detección de celos (29).

En el presente trabajo, se observó que los niveles de progesterona superiores a 1 ng/ml en los dos primeros muestreos anteriores a la inserción del implante indican que el 64% tiene actividad ovárica, valor congruente al número de vacas que se deben encontrar ciclando en un hato (fase de diestro 14 a 21 días donde se encuentra un cuerpo lúteo) (30). La manifestación de la conducta de celo se encuentra asociada a un crecimiento folicular previo y al desarrollo de un folículo dominante, que una vez maduro produce las cantidades necesarias de estrógenos para iniciar el celo y la liberación de LH que provoca la ovulación. Por ende, los valores de progesterona deben de ser inferiores a 1ng/ml. En el caso del presente experimento, el 86% de las muestras presentaron este nivel. Por lo tanto es importante detectar e inseminar a las vacas cuando tengan niveles de progesterona inferiores al valor de referencia, Cavestany *et al.*(1991) (31) encontraron que en vacas lecheras monitoreadas con progesterona, cerca del 20% de las hembras son inseminadas cuando los valores de progesterona (P4) son altos lo que sugiere que esas hembras posiblemente no estaban en estro. Una situación similar ocurrió en el presente estudio donde un 14% de las hembras fueron inseminadas con valores mayores a 1 ng/ml.

Treinta y seis de las 50 vacas que fueron sincronizadas presentaron estro, valor que indica una eficiencia del 72% correspondiente a la detección de estro por el método por observación continua, este porcentaje es menor al obtenido por Orihuela *et al.* (1989) (24) en donde el 95% fue detectado por medio de observación continua. Es posible que en el experimento de referencia, los animales hayan compactado su comportamiento a ciertas horas del día y por esto se facilitó la formación de los grupos sexualmente activos. Esto no ocurrió en el presente estudio y en el que existió una mayor dispersión de las hembras en estro afectando la

formación de núcleos de actividad sexual en el hato y por tanto la expresión de la conducta de celo. Mientras que la eficiencia obtenida por el método de detección de estro con dos periodos de una hora al día (0600-0800) fue de un 60% (30/50) mayor al 42% reportado por Orihuela *et al* (1989) (24), atribuido precisamente a la dispersión del comportamiento sexual durante los periodos nocturnos en el caso del primer estudio, caso que no ocurrió en la presente contribución donde la dispersión de las actividades se presentó durante todo el día y noche.

Según estudios realizados por Esslemont y Bryant (1976) (32) demostraron que la mayor parte de los estros pueden detectarse observando durante dos a tres periodos al día en periodos de 20 minutos a una hora de duración. Esta observación no es comparable con nuestros resultados ya que aún bajo observación continua no fue posible identificar al 28% de las hembras las cuales debieron haber pasado por un período de celo si tomamos en cuenta que formaron un CL (evidenciado por progesterona). Aunque un programa de 4 observaciones es mejor, es probable que el éxito de la detección no se basa en observarlas todo el tiempo, sino en el conocimiento de lo que se está buscando. De lo anterior se desprende que la palpación rectal podría ser una herramienta muy útil para identificar a los animales que están experimentando celos silenciosos (33).

La utilización del esquema de inseminación artificial conforme a la regla AM-PM propuesta por Trimberger (1944) (34), tiene que replantearse en lo que ha ganado cebuino en condiciones tropicales se refiere ya que la longitud del estro (11 horas promedio) promueve que existan vacas que no van a ser detectadas en estro en el momento de la detección con dos periodos de 12 horas entre observaciones. Esto dificulta la detección de aquellas vacas con periodos de estro cortos o que no sean detectados en el momento de observación. Por lo tanto se puede proponer que

basado en los resultados deban reconsiderarse los períodos de observación y por ende aumentar los periodos de inseminación de dos a cuatro al día y así inseminar a vacas tempranamente detectadas en estro. Para este propósito se recomienda realizar más estudios con el fin de determinar el momento ideal para la inseminación artificial. Al reducir el intervalo entre observaciones de dos periodos de una hora al día (0600, 1800) a cuatro periodos de observación de una hora al día (0000, 0600, 1200, 1800,), y disminuir el número de horas entre periodos de observación la exactitud con que las hembras son detectadas en estro es mayor. En el presente estudio un 28% (10/36) de hembras detectadas en las primeras tres horas de iniciado el celo difiere notablemente cuando se le compara con la detección de estros con cuatro periodos en donde se detectó un 44% (16/36). Por ende, observaciones más frecuentes permiten una mayor exactitud para detectar el comienzo del celo (24).

VII CONCLUSIONES

La eficiencia lograda con la observación ocasional de estros (81.9%) en este tipo de explotaciones pecuarias es aceptable en lo que respecta a la en la detección de estro, al contar con periodos de observación frecuentes a lo largo del día, propuestos en este estudio (0000, 0600, 1200,1800) se obtiene una mayor exactitud en lo que se refiere al inicio del estro y por esto busca impactar en mejores resultados en la implementación de biotecnologías reproductivas como son la inseminación artificial y la transferencia de embriones.

VIII BIBLIOGRAFÍA

1. Galina CS, Arthur GH. Review on Cattle Reproduction in the Tropics. Part 4. Oestrous Cycles. *Anim Breed Abst* 1990;58:697-707.
2. Hansen PJ. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. *Anim Reprod Sci* 2004;82-83:349-360.
3. Orihuela A. Some factors affecting the behavioural manifestation of oestrus in cattle: a review. *Appl Anim Behav Sci* 2000;70:1-16.
4. Barruselli PS, Reis EL, Marques MO, Nasser LF, Bó GA. The use of hormonal treatments to improve reproductive performance of anestrus beef cattle in tropical climates. *Anim Reprod Sci* 2004;82-83:479-486.
5. Zarco L.A. Factores que afectan los resultados de la inseminación artificial en el bovino lechero. *Vet Méx* 1990;21:235-240.
6. Bó GA, Baruselli PS, Martínez MF. Pattern and manipulation of follicular development in *Bos indicus* cattle. *Anim Reprod Sci* 2003;78:307-326.

7. Rekwot PL, Oyedipe EO, Mukasa-Mugerwa E, Sekoni VO., Okinpelumi OP, Anam AA. Fertility in Zebu cattle (*Bos indicus*) after prostaglandin administration and artificial insemination. *Vet J* 1999;158:53–58.
8. Diskin MG, Sreenan JM. Expression and detection of oestrus in cattle. *Reprod Nutr Dev* 2000;40:481–491.
9. Vishwanath R. Artificial insemination: the state of the art. *Theriogenology* 2003;59:571–584.
10. Orihuela A, Galina CS, Escobar J, Riquelme E. Estrous behavior following prostaglandin F₂ α injection in Zebu cattle under continuous observation, *Theriogenology* 1983;19:795-809.
11. Solano J, Orihuela A, Galina CS, Montiel F. Sexual behaviour of Zebu cattle (*Bos indicus*) following estrous induction by Synchro-Mate B with or estrogen injection. *Physiol and Behav* 2000;71:503-508.
12. Galina CS, Orihuela A. The detection of estrus in cattle raised under tropical conditions: What we know and what we need to know. *Hormones and Behavior* 2007;52:32-38.

13. Martínez MF, Kastelic JP, Adams GP, Janzen E, McCartney DH, Mapletoft RJ. Estrus synchronization and pregnancy rates in beef cattle given CIDR-B, prostaglandin and estradiol, or GnRH. *Can Vet J* 2000;41:786-790
14. Senger PL, The oestrus detection problem: new concepts, technologies, and possibilities. *J Dairy Sci* 1994;77:2745–2751.
15. Martínez E, Salas H, Globalización e integración regional en la producción y desarrollo tecnológico de la lechería Mexicana, México: Miguel Angel Porrúa, 2002.
16. Edmonson AJ, Lean IJ, Weaver, L.D., Farver, T. and Webster, G. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J Dairy Sci* 1989;72:68–78.
17. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppën. 4^a ed. México DF: UNAM, 1988.
18. Cavalieri J, Fitzpatrick L A, Oestrus detection techniques and insemination strategies in *Bos indicus* heifers synchronized with norgestomet-oestradiol. *Austral Vet J* 1995;72:177-182.
19. Pulido A, Zarco L, Galina CS, Murcia C, Flores G, Posadas E. Progesterone metabolism during storage of blood samples from Gyr cattle: Effects of

- anticoagulant time and temperature of incubation. *Theriogenology* 1991;35: 965-975.
20. Gutiérrez AC, Zarco L, Galina CS, Rubio I, Basurto H. Predictive value of palpation per rectum for detection of the CL in Zebu cattle as evaluated by progesterone. *Theriogenology* 1996;48:471-478.
21. Heersche Jr G, Nebel RL, Measuring efficiency and accuracy of detection of estrus. *J Dairy Sci* 1994;77:2754–2761.
22. Porras AA, Galina,CS. Utilización de progestágenos para la manipulación del ciclo estral bovino. *Vet Méx* 1992;23:31–36.
23. Orihuela A, Galina CS, Duchateau A. The efficacy of estrus detection and fertility following synchronization with PGF_{2a} or synchro-mate- B in Zebu cattle. *Theriogenology* 1989; 32:745-753.
24. Porras AA, Galina CS, Zarco L,.Control del estro en ganado *Bos indicus* en condiciones tropicales: Efecto de la utilización del Norgestomet combinado con estrógenos. *Arch Latinoam Prod Anim* 1993;175-185.
25. Plasse D, Warnick AC, Koger M. Reproductive Behavior of Bos Indicus Females in a Subtropical Environment. IV. Length of Estrous Cycle, duration of Estrus, Time of Ovulation, Fertilization and Embryo Survival in Grade

- Brahman Heifers Embryo Survival in Grade Brahman Heifers. *J Anim Sci* 1970; 30:63-72.
26. Galina CS, McCloskey M, Calderón A. Detection of signs of oestrus in the Charolais cow and its Brahman cross under continuous observation. *Theriogenology* 1982;17 485–495.
27. Williamson NB, Morris RS, Blood DD, Cannon CM. A study of estrous behavior and estrous detection methods in a large commercial dairy herd. Part I. The relative efficiency of methods of detection. *Vet Rec* 1972;91: 50-58.
28. Medrano EA, Hernandez O, Lamothe C, Galina CS. Evidence of asynchrony in the onset of estrous signs in zebu cattle treated with a progestogen ear implant. *Res Vet Sci* 1996;601:51-54.
29. Galina CS, Valencia J, *Reproducción de Animales Domésticos*, 3^a ed, México: Limusa, 2008.
30. Cavestany D, Galina CS. Evaluation of an artificial insemination programme in a seasonal breeding dairy system through milk progesterone, *Reprod Dom Anim* 2001;36:79-84.

31. Esslemont RJ, Bryant JJ. Oestrous behaviour in a herd of dairy cows. *Vet Rec* 1976;19:472–475.

32. Negussie F, Kassa T, Tibbo M. Behavioural and physical signs associated with oestrus and some aspects of reproductive performance in Fogera cows and heifers. *Trop Anim Health Prod* 2002;34:319–328.

33. Trimmerger GW, Davis HP. Conception rate in dairy cattle by artificial insemination at various states of estrus. *Nebraska Agricultural Experiment Station Research Bulletin* 1943;129.

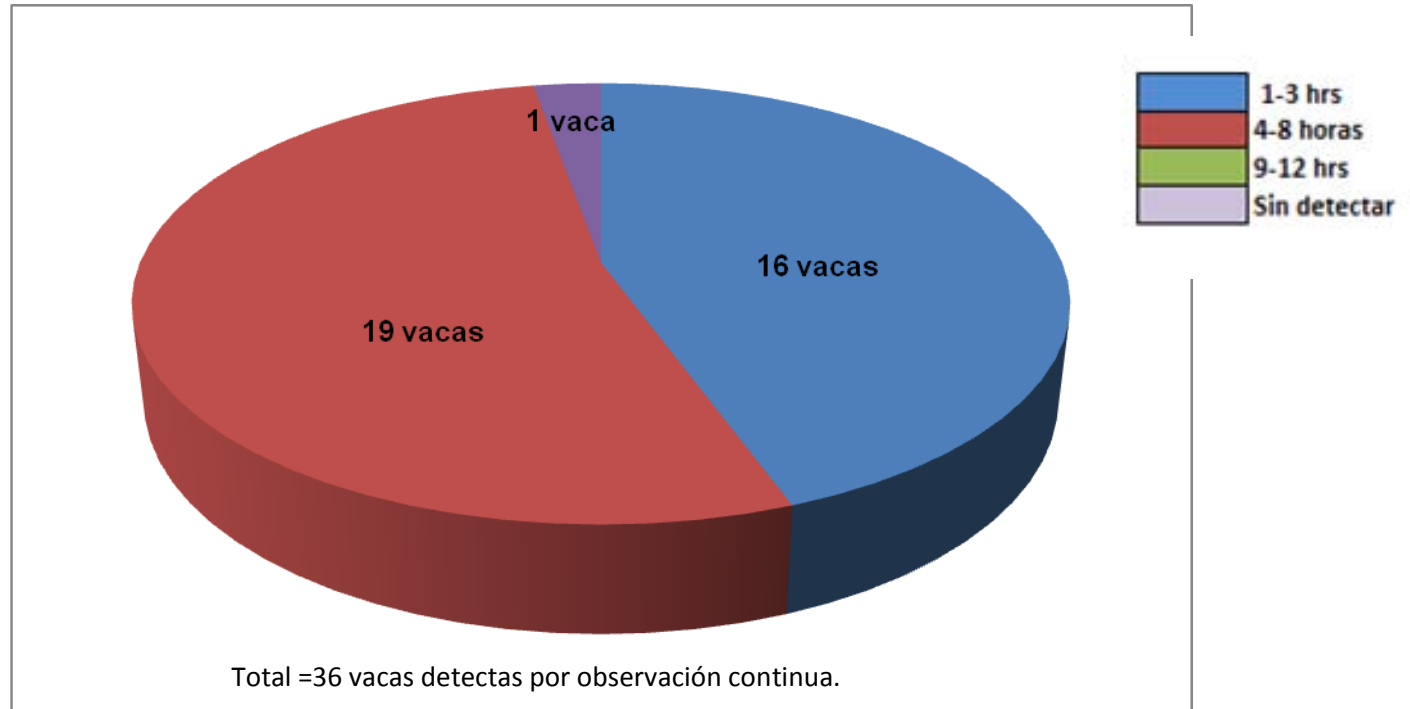


Figura 7. Número de vacas por categoría en las fases, con periodos de observación ocasional al día (0000, 0600, 1200, 1800 horas).

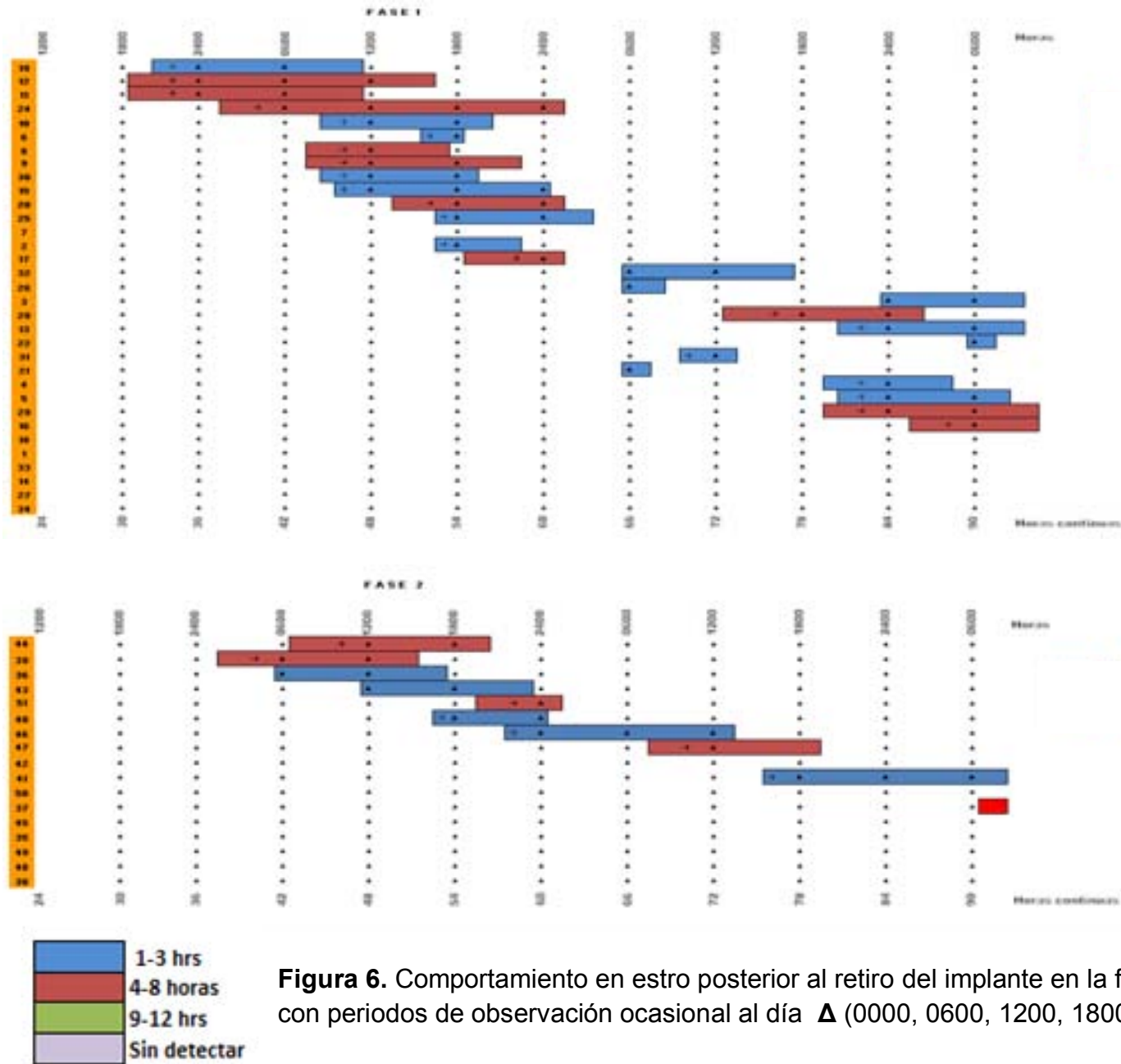


Figura 6. Comportamiento en estró posterior al retiro del implante en la fase uno y dos, con periodos de observación ocasional al día Δ (0000, 0600, 1200, 1800 horas).

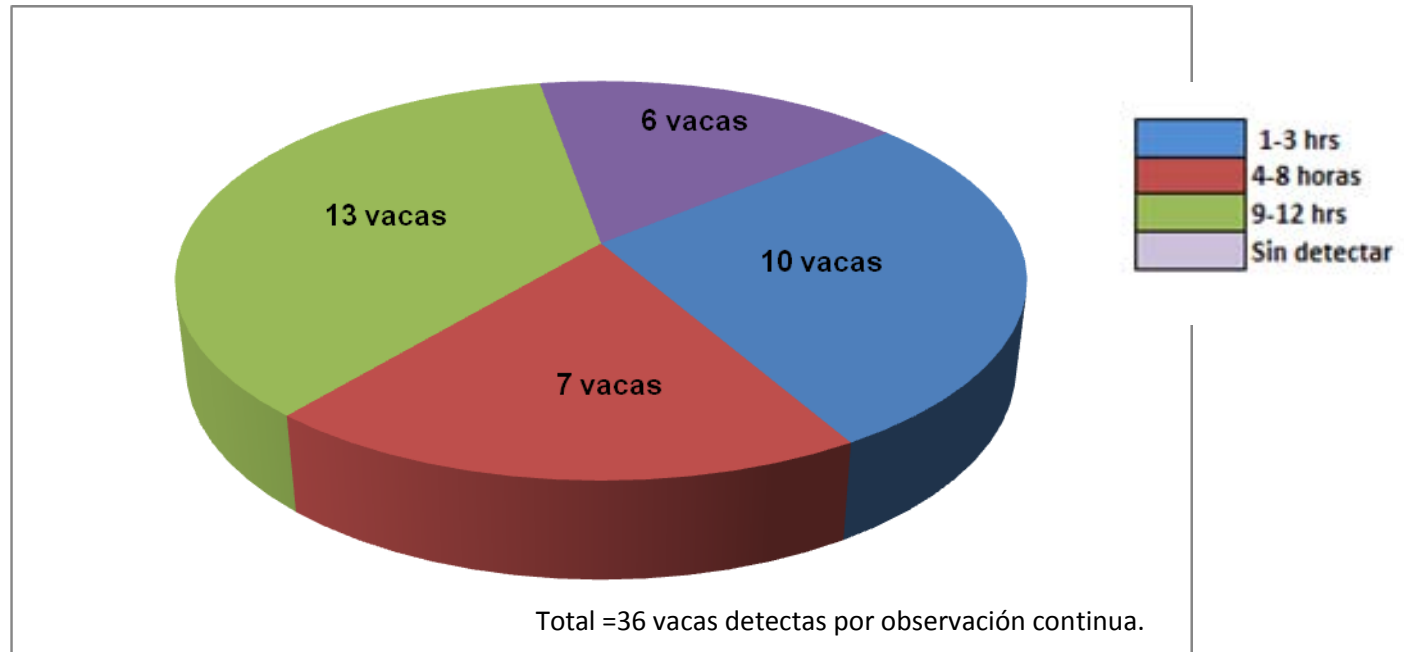


Figura 5. Número de vacas por categoría en las fases, con periodos de observación ocasional al día (0600, 1800 horas).

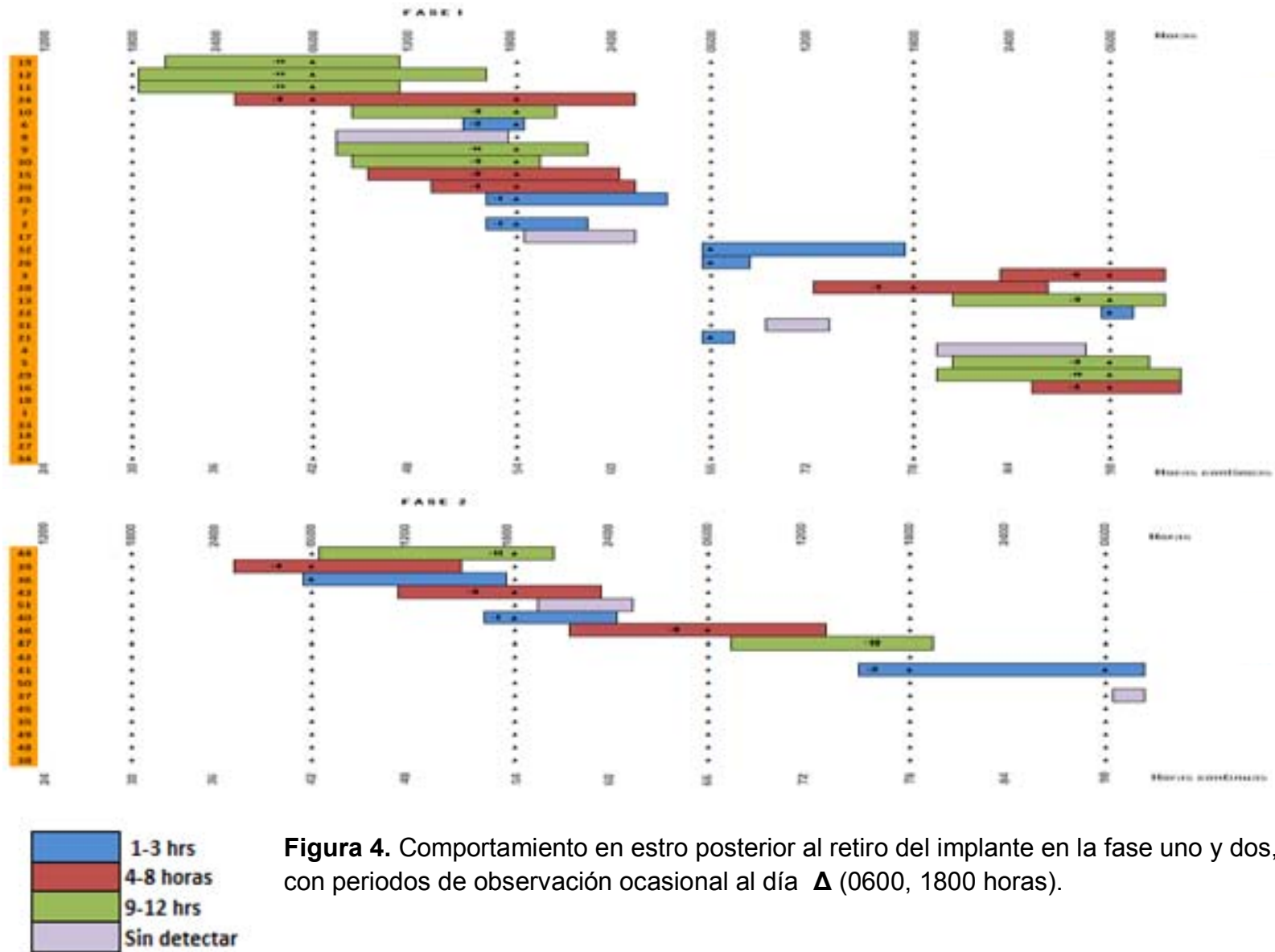


Figura 4. Comportamiento en estro posterior al retiro del implante en la fase uno y dos, con periodos de observación ocasional al día Δ (0600, 1800 horas).

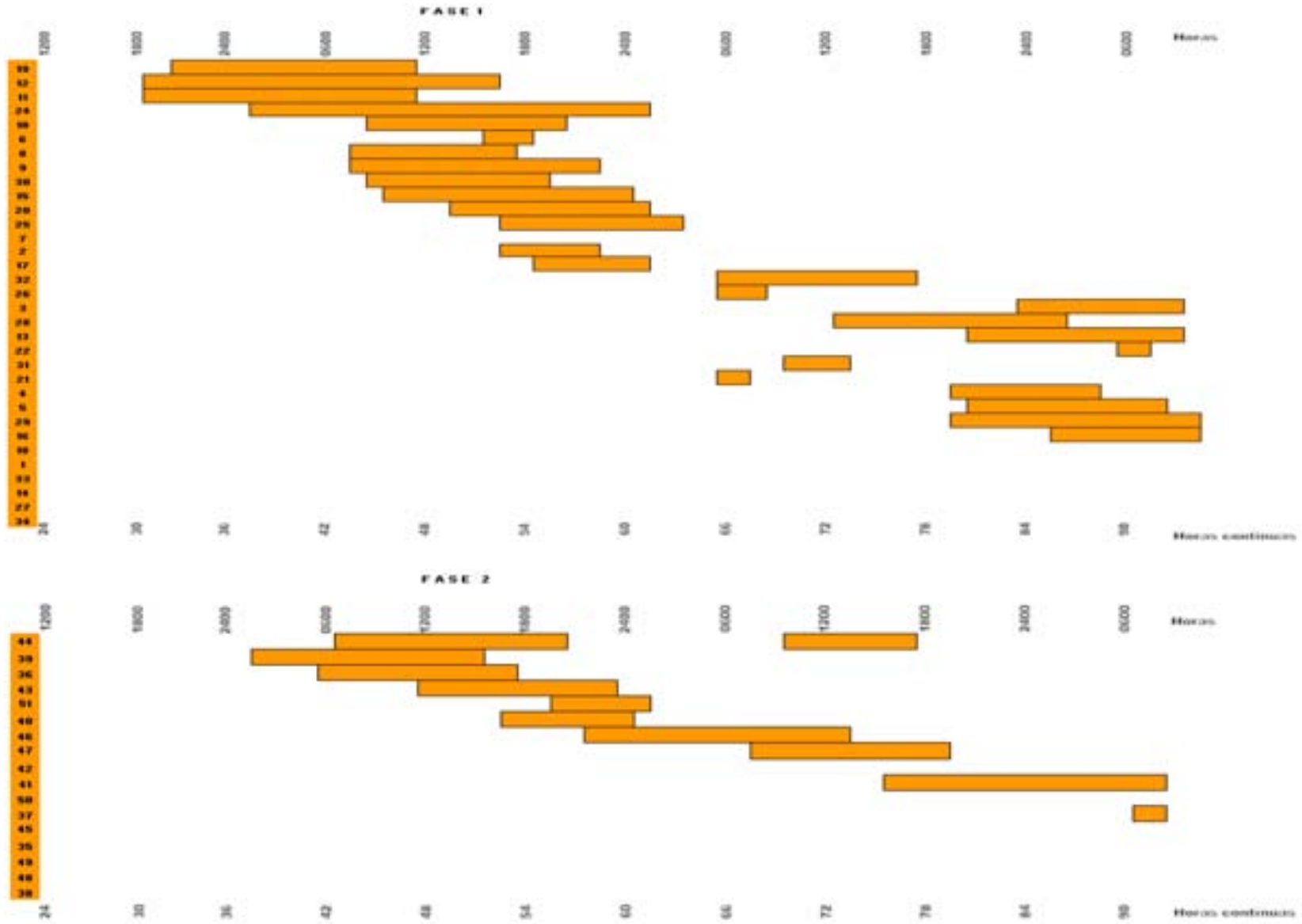


Figura 3. Presentación del comportamiento reproductivo posterior al retiro del implante, observación continua.