

77

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO



FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

MOMENTO DE OVULACION Y PRESENTACION DE
ESTRO EN VACAS BOS INDICUS SINCRONIZADAS DE
MANERA ESCALONADA CON UN PROGESTAGENO
SINTETICO (NORGESTOMET).

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA
P R E S E N T A :
ADRIANA REBECA VERDUZCO GOMEZ

ASESORES:

MVZ PhD CARLOS GALINA HIDALGO
MVZ MSC IVETTE RUBIO GUTIERREZ

MEXICO, D.F.,

2001





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.

*Sí ante la insistente gota de agua
la roca se perfora
ante la tenacidad del hombre
la palabra "imposible"
¡se evapora!*

José Luis Jiménez

DEDICATORIA

A mi madre y amiga **Rebeca Esperanza Gómez Morán** por estar siempre a mi lado y darme fuerza para afrontar nuevos retos.

A mi padre **Juan Manuel Verduzco García** por haberme hecho parte de su sueño de formar una familia.

A mi hermano **Salvador Edgardo Verduzco Gómez** y su infinita nobleza y bondad.

A esa lucecita llamada **Renata Verduzco Cabrera** que llegó tan de repente a nuestras vidas y abrió nuestros corazones.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesora y amiga Ivette Rubio Gutiérrez por haber confiado en mí para la realización de este trabajo y a la cual admiro profesionalmente y personalmente. De igual forma a su esposo Manuel Corro por haberme mostrado la verdadera cara de la Ganadería.

Al Dr. Carlos Salvador Galina Hidalgo quién me abrió las puertas al mundo de la investigación y confió en mí plenamente.

A mis amigas y amigos:

Mis compañeros de generación, Rocío Carmona, Isis Palacios, Ema Solíz y Francisco Chavelas. Los del Clarín Karla Rodríguez (Karluxe), Arlette Barrera (Pato), Nadia Ramírez, Gloria Velázquez (Gloris), Monika Palacios (Moni), Natanael , Alfonso López (Ponchito), Jaime Jaimes (Novato), Víctor Rodríguez (Vic), Gabriela Velasco (Nurse), Carlos Sosa (Cucho), María Fernanda Manzo (Mafe), Edgar Godínez (Macuarro), Nelson Rosas y Michael Cely (Chamaco). Recordando viejos tiempos a Emanuel Zavaleta, Elena Patiño y Guillermo Navarro. Por haber estado conmigo en diferentes etapas de mi vida y haberme brindado su fiel amistad en todo momento.

A Soledad Díaz, Paula Cárdenas, Martín Maquívar y Jaime Galindo por su amistad y apoyo incondicional.

A Ivette Rubio, Ariadna Leaños, César Trejo y Roberto Isidro por su valiosa colaboración en la fase de campo y análisis de resultados del presente trabajo.

Al Laboratorio de Endocrinología de la FMVZ por el análisis de las muestras colectadas durante el experimento.

A mi jurado: El MVZ. Héctor Basurto, MVZ. Eduardo Posadas, MVZ. Joel Hernández, la MVZ. Adriana Saharrea y al MVZ. Carlos Galina por sus atinadas correcciones y su buena disposición en la revisión del presente trabajo.

CONTENIDO

CAPÍTULO	PÁGINA
I RESUMEN	1
II INTRODUCCIÓN	4
III OBJETIVOS	15
IV HIPÓTESIS	15
V MATERIAL Y METODOS	17
VI RESULTADOS	23
VII DISCUSION	30
VIII CONCLUSIONES	41
IX BIBLIOGRAFIA	42

LISTA DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
CUADRO 1. Horas de presentación de celo franco y activo pos retiro de implante y duración del mismo en los tres grupo experimentales	51
CUADRO 2. Tiempos de ovulación pos retiro de implante (Grupos A,B y C)	52
CUADRO 3. Tiempos de inicio de celo franco a ovulación (Grupos A,B y C)	52
CUADRO 4. Determinación de cuerpos lúteos (CL) por ultrasonografía (US) y niveles de progesterona (P4) determinados por radioinmunoanálisis en el grupo A a lo largo del experimento	53
CUADRO 5. Determinación de cuerpos lúteos (CL) por ultrasonografía (US) y niveles de progesterona (P4) determinados por radioinmunoanálisis en el grupo B a lo largo del experimento	54
CUADRO 6. Determinación de cuerpos lúteos (CL) por ultrasonografía (US) y niveles de progesterona (P4) determinados por radioinmunoanálisis en el grupo C a lo largo del experimento	54
CUADRO 7. Actividad folicular en los tres grupos bajo la influencia del implante	55

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
FIGURA 2. Presentación en los tres gruión de celo o ausencia de este y su relación con la ovulación en los tres grupos experimentales	56
FIGURA 3. Sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y negativo	57

LISTA DE GRÁFICAS

GRÁFICA	PÁGINA
GRÁFICA 1. Ultrasonido intensivo en el grupo A	58
GRÁFICA 2. Ultrasonido intensivo en el grupo A	59
GRÁFICA 3. Ultrasonido intensivo en el grupo B	60
GRÁFICA 4. Ultrasonido intensivo en el grupo B	61
GRÁFICA 5. Ultrasonido intensivo en el grupo C	62
GRÁFICA 6. Ultrasonido intensivo en el grupo C	63

I. RESUMEN

Adriana Rebeca Verduzco Gómez. Momento de ovulación y presentación de estro en vacas Bos indicus sincronizadas de manera escalonada con un progestágeno sintético (Norgestomet). (Bajo la dirección del MVZ PhD Carlos Galina Hidalgo y de la MVZ MSc Ivette Rubio Gutiérrez)

Se evaluó el efecto de un progestágeno sintético (Norgestomet) bajo un sistema de sincronización escalonada con el fin de determinar el momento de ovulación y presentación de estro, así como la interacción entre las hembras sincronizadas y no sincronizadas; además de evaluar la predictividad de la ultrasonografía y la técnica de radioinmunoanálisis (RIA) para la detección de cuerpos lúteos.

Se utilizaron 18 vacas Brahman multiparas con un peso promedio de 450 kg y de las cuales el 100% se encontraban ciclando. Las hembras fueron agrupadas aleatoriamente en tres grupos (A, B y C), a todos los grupos les fue colocado un implante auricular subcutáneo (Synchromate-B) acompañado de una inyección de valerato de estradiol, con una diferencia de nueve días entre cada grupo. Los tres lotes experimentales permanecieron juntos durante todo el experimento, estos fueron evaluados ultrasonográficamente y se tomaron muestras de sangre para detectar niveles de progesterona en suero mediante la técnica de RIA cada dos días. Después de retirar el implante las vacas sincronizadas y aquellas que participaron en el grupo sexualmente activo fueron sometidas a un periodo intensivo de ultrasonido cada cuatro horas durante 3 días consecutivos. La detección de celos se realizó de forma continua a las 24 horas de retirado el implante.

El celo fue clasificado en celo franco que se define como aquellas vacas que emiten y reciben o solamente reciben montas, y celo activo a las hembras que tan solo emiten montas.

El porcentaje total de vacas sincronizadas que respondieron al tratamiento manifestando celo fue del 66% de las cuales el 83.3% mostró celo franco y el 16.6% restante celo activo. El 44% de los animales no sincronizados mostraron celo concomitante junto con los animales sincronizados siendo el 75.7% celo activo y el 25.2 % celo franco. El tiempo de presentación de celo pos - retiro de implante fue de 42.9 ± 5.9 y 43.5 ± 5.4 horas para vacas sincronizadas y concomitantes respectivamente. La ovulación pos - retiro de implante fue del 83.33% para los tres grupos experimentales, asimismo tres hembras ovularon fuera del grupo en que fueron sincronizadas. Al comparar las dos técnicas (ultrasonido vs RIA) para diagnóstico de cuerpos lúteos se obtuvo un 92.5% de sensibilidad, 51.7% de especificidad y un valor predictivo positivo de 61.7% y negativo de 11.7%. Los errores de concordancia entre ultrasonido y RIA, en su mayoría se deben a la etapa del ciclo estral en que se encuentra la hembra y a errores durante la realización e interpretación del ultrasonido.

El tiempo promedio entre el inicio de celo a ovulación en los tres grupos tanto para hembras sincronizadas como no sincronizadas estuvo acorde con lo encontrado por otros autores (26-30 horas). En el presente experimento se encontró que existen animales capaces de exhibir conducta de celo sin llegar a ovular y hembras que pueden ovular sin manifestar conducta estral alguna. La mayoría de las vacas que mostraron celo franco ovularon contrario a aquellas que solo

manifestaron celo activo, lo que nos hace suponer que el celo franco es un indicador confiable de celo.

La sincronización escalonada puede influir directamente sobre el número de hembras tratadas que participan dentro del grupo sexualmente activo, incrementándose el número de las mismas cuando se realiza la última sincronización.

II.INTRODUCCIÓN

En muchos países latinoamericanos con regiones tropicales y subtropicales, tal es el caso de México, predominan las cruza de ganado cebú (*Bos indicus*) sobre las cruza europeas (*Bos taurus*), debido a su alta resistencia al medio ambiente y a parásitos externos e internos. En comparación con el ganado *Bos taurus*, el ganado cebuino tiene baja fertilidad (1,2).

Durante los últimos años se ha incrementado la utilización de la inseminación artificial en vacas bajo condiciones semi-intensivas en el trópico, pero la detección de signos de estro en estos animales sigue siendo un obstáculo para la adopción de esta tecnología, (3) gran número de vacas son inseminadas cuando todavía no se encuentran en la etapa estral, esto es debido en parte al desconocimiento de los signos de la conducta estral por parte de los productores (4).

La fertilización es un evento fisiológico que requiere del encuentro sincronizado de un espermatozoide previamente capacitado y un óvulo normal en el oviducto, lo cual dependerá fundamentalmente de la relación entre el momento en que se practique la inseminación artificial (IA) y el momento en que ocurre la ovulación. Cuando la inseminación artificial es realizada tempranamente en relación con el momento de ovulación (IA al inicio del estro), el número de espermatozoides y su motilidad disminuyen gradualmente, de tal forma que cuando sucede la ovulación habrá un número reducido de espermatozoides normales (5,6); a pesar de ello, muchas veces puede producirse la fertilización debido al elevado número de espermatozoides vivos que son depositados en la inseminación, produciendo mas adelante una reabsorción embrionaria (7). En el extremo opuesto al realizar una

inseminación tardía se compromete la integridad morfológica y funcional del óvulo, en este caso la fertilización puede llegar a completarse, pero el embrión muere rápidamente. Por esta razón la inseminación tardía es el error mas frecuente y el que ocasiona mayores problemas de fertilidad debido a que el óvulo tiene una vida relativamente corta que rara vez excede de 8 a 10 horas(6,8).

El inicio del estro es el único predictor práctico del momento en que ocurrirá la ovulación, por lo que generalmente la inseminación artificial se programa a partir del momento de la detección de estro de ahí la importancia de que la detección de este evento sea precisa (5). Por otro lado se ha visto que en las vacas *Bos indicus* el tiempo de ovulación desde la detección de estro a que se presenta este fenómeno es mucho mayor en comparación con las vacas *Bos taurus* (9). Es bien sabido que la conducta estral así como el intervalo de estro a ovulación es esencial para estimar el momento mas adecuado en que debe realizarse la inseminación artificial. En cruza de ganado *Bos taurus* la ovulación ocurre entre las 28 y 31 hs después de iniciado el estro a diferencia del ganado *Bos indicus*, en el cual la ovulación ocurre entre las 25 hs después del inicio del estro. (10-14).

Una vaca en estro se define como la hembra que permanece inmóvil al ser montada por el toro o una compañera de hato (15). Otros autores definen el estro como una actitud de intenso deseo sexual, que se expresa cuando una hembra busca a otra presentando conductas homosexuales, ya sea dejándose montar (celo franco) o montando a sus compañeras de hato (celo activo). (16,17,18).

Price et al (19), observó que cuando dos o más vacas se aproximan a ser receptivas sexualmente, algunas actividades como topeteo, intentos de monta, olfatear y lamer genitales pueden ser frecuentes entre ellas, pero no todas las

hembras las presentan por lo que dichas actividades no se consideran buenos indicadores de celo. (20,21)

La duración del estro en ganado *Bos indicus* es significativamente más corta (11 horas) que la del ganado *Bos taurus* (18 horas), lo cual hace difícil la detección de estro bajo condiciones de campo.(2,22).

Cuando una vaca esta en calor (estro) es montada en promedio 12 veces por otras vacas, y cada monta dura solamente unos 5 segundos por lo que el tiempo total durante el cual la vaca esta mostrando estro es de un minuto aproximadamente. Galina et al observaron que en cruza de ganado Brahman x Charolais el intervalo promedio de montas por hora fue de 1.6 montas por hora (23).

Esta información muestra la imposibilidad de tener una buena detección de estros, si se pretende que las vacas sean detectadas por el personal del rancho mientras realizan otras tareas (20). Así mismo Galina et al (23), observaron que la mayor actividad sexual ocurre generalmente durante la noche, lo cual explica el fracaso en la detección del estro en las vacas cuando estas son observadas solamente durante el día.

La sincronización de estros en ganado cebuino constituye una medida de manejo de gran importancia económica, debido a que permite administrar grupos compactos de animales que entren en estro en periodos cortos de tiempo y permite concentrar los periodos de observación estral. Así facilita la inseminación artificial mediante la reducción de los costos asociados con la detección de estro, así como una disminución en la temporada de servicios y del periodo de partos con el fin de optimizar la mano de obra y el cuidado de las madres y crías. (20,24)

En la actualidad se cuenta básicamente con dos métodos para controlar el ciclo estral en el bovino:

- a) Agentes luteolíticos: Estos agentes acortan la vida media del cuerpo lúteo provocando la lisis del mismo. Las sustancias luteolíticas más utilizadas son las prostaglandinas o sus análogos sintéticos.
- b) Progestágenos: Simula una prolongación de la vida funcional del cuerpo lúteo, mediante la administración de progesterona o sus análogos sintéticos.(3,25,26).

Porras et al (27) encontraron que el porcentaje de hembras en estro al ser tratadas con SMB se ve modificado debido al estado fisiológico de las hembras antes del tratamiento, encontrando que el 90.2% de las hembras que se encontraban ciclando y sin lactar mostraron estro sincronizado después del tratamiento, mientras que solo el 75.9% de las vacas en anestro y amamantando mostraron celo después de dicho tratamiento. Así mismo observaron que los porcentajes de concepción y gestación fueron menores en hembras en anestro y lactando que en las hembras ciclando, aunque estas diferencias no fueron significativas. (27)

El tratamiento con prostaglandinas tiene la desventaja de que no siempre los animales inician actividad ovárica e inducen estro en un tiempo predecible después del tratamiento.(28). Frisch et al (28), compararon la eficiencia de dos métodos de sincronización: prostaglandinas (Clorprostenol) y progestágenos (Norgestomet) en vacas y novillonas, encontrando que existe evidencia para señalar que el tratamiento con progestágenos (Norgestomet) inicia actividad ovárica en hembras que al principio del experimento presentaban ovarios inactivos, esto se debe a que es necesaria la existencia de un cuerpo lúteo

funcional para que el tratamiento con prostaglandinas tenga efecto y en hembras con ovarios inactivos la existencia de un cuerpo lúteo es nula (27).

En general si se comparan los resultados que se obtienen al emplear prostaglandinas o progestágenos en programas de sincronización, los porcentajes de hembras en estro son mayores cuando se utilizan fármacos que contienen progestágenos (29).

La progesterona y los progestágenos sintéticos suprimen el estro y la ovulación actuando a través de un mecanismo de retroalimentación negativa sobre la liberación de la hormona luteinizante (LH); probablemente reduciendo la frecuencia en las pulsaciones de esta hormona, impidiendo que algún folículo complete su desarrollo y ovule. (30,31). Se ha visto que los progestágenos elevan la presentación de folículos persistentes, ya que estos no suprimen completamente la secreción de la hormona LH como sucede en presencia del cuerpo lúteo, inhibiendo de esta forma una nueva oleada folicular al retirar la fuente exógena de progesterona, pudiendo ocurrir la ovulación del folículo persistente, pero con pocas probabilidades de ser fertilizado por la edad del mismo (32).

El norgestomet (17α -acetoxo- 11β -metil-19-norpreg-4-en-3,20 dione), es un progestágeno sintético con actividad biológica de fácil aplicación en implantes de dimensiones reducidas (33). Es utilizado en tratamientos cortos de 9 días mediante la aplicación de un implante auricular subcutáneo, acompañado de la administración intramuscular de una combinación de valerato de estradiol y norgestomet al inicio del tratamiento; este tratamiento es conocido como

Synchromate-B (SMB). Con este método se altera la liberación de gonadotropinas y cuando la fuente exógena del progestágeno se remueve, el animal responde con desarrollo folicular, estro y ovulación en un período de 2 a 5 días (34,35,36). Cavalieri et al (37), al sincronizar novillas *Bos indicus* obtuvieron un 90% en la manifestación de estro y el intervalo desde el retiro del implante a presentación de estro fue de 24 a 72 horas.

Beal et al (38), estudiaron el efecto de un tratamiento con SMB en vaquillas y vacas con actividad ovárica y en anestro; el estro se detectó en mayor proporción en animales que se encontraban ciclando al inicio del tratamiento (88%) que en aquellas que no lo estaban (77%). La condición de la vaca antes del tratamiento (ciclando o en anestro) puede limitar la efectividad del método.

El porcentaje de vacas en estro depende del estado del ciclo estral en que se encuentre el animal al momento del tratamiento, de tal manera que la respuesta es más efectiva si al aplicarse el fármaco las hembras se encuentran a la mitad de la fase lútea del ciclo estral (25). La tasa de concepción es mayor en vacas tratadas en la fase temprana de su ciclo estral (≤ 11 vo día) que en las tratadas durante la fase lútea tardía (≥ 11 vo día)(25).

Existen diversos factores que afectan o modifican la respuesta a los tratamientos con progestágenos como son: duración de la aplicación del fármaco o sincronizador, etapa del ciclo estral, estado fisiológico, condición corporal, edad de la hembra, entre otros (25). Así mismo la presentación de estro puede verse afectada por diversos factores de manejo, ambientales, nutricionales y sociales.

Existen datos recientes que sugieren un complejo orden social dentro del hato Cebú que afectan la expresión de la conducta sexual y enmascaran la

manifestación de los signos característicos de la fase estral (39). Las jerarquías dentro del hato bovino son de gran importancia, debido a que aproximadamente el 60% de las montas recibidas en vacas en estro son realizadas por vacas con una jerarquía alta (líderes). Generalmente las vacas más grandes y pesadas son aquellas que tienen un mayor grado de jerarquía y raramente permiten ser montadas por sus compañeras de hato lo que trae como consecuencia que no sean detectadas en estro por no manifestar signo alguno (40,41,42).

Galina et al (21), observaron que algunas vacas dominantes muestran una escasa participación en la actividad de monta, ya sea activa, pasiva o ambas. He aquí que no siempre la vaca con mayor jerarquía sea aquella que realiza mas montas o monta mas vacas.

Gutiérrez et al (43), observaron que vacas no ciclando al estar en contacto con ganado sincronizado pueden mostrar comportamiento estral. Estas observaciones sugieren que aquellas vacas que imitan el comportamiento estral pueden afectar el reconocimiento de los signos de estro debido a que estas pueden exhibir conducta de celo mas no estar en un estro fisiológico.

Cavalieri et al (37), encontraron que algunas vacas sincronizadas pueden manifestar conducta de celo sin tener un desarrollo folicular previo o una subsecuente ovulación después de retirado el implante. Asimismo, Cortés et al (40), observaron estro (receptividad sexual) en vacas sincronizadas mediante un progestágeno aún cuando tenían el implante colocado y las observaciones ultrasonográficas no mostraban evidencia de desarrollo folicular alguno. Rhodes et al (44), observaron que la inyección de 17β estradiol y valerato de estradiol, juntas

o acompañadas con un programa de sincronización (norgestomet-estradiol) induce comportamiento estral en vacas ovariectomizadas (44,45,46), esto sugiere que las vacas que presentan celo no necesariamente tienen un respaldo fisiológico, pudiendo ser el estradiol el responsable de dicha conducta.

El desarrollo folicular en bovinos ocurre en oleadas (47). La mayoría de las hembras presentan entre dos o tres oleadas foliculares durante el estro. Cada oleada se caracteriza por el desarrollo de un folículo dominante que puede ser anovulatorio o ovulatorio y gran cantidad de folículos subordinados, los cuales entran en un estado de regresión después de una fase corta de crecimiento (47) El mecanismo por el cual un folículo en una oleada es seleccionado para convertirse en dominante y suprimir el crecimiento de los otros aun se desconoce, pero se ha encontrado una relación temporal entre el folículo dominante y sus subordinados durante la oleada folicular, en la cual el folículo dominante, causa regresión de los subordinados durante la fase de crecimiento, suprimiendo de esta forma una nueva oleada folicular. Un folículo dominante se define como aquel que alcanza el mayor diámetro sobre sus subordinados y que proviene de la misma alberca folicular (48,49)

La producción de sustancias esteroideas y no esteroideas por parte del folículo dominante para sus subordinados durante la oleada folicular es responsable de dicha supresión, previniendo de esta forma una nueva oleada folicular (50). Un folículo dominante produce entre 500 a 100 veces más estradiol que los folículos pequeños y continua produciendo estradiol, mientras que los otros folículos regresan (51) Así mismo se ha observado que la supresión de los folículos subordinados es un prolongado proceso y estos pueden resurgir si el folículo

dominante es removido (47). Los tratamientos con progestágenos durante la fase lútea pueden causar una extensión variable del tiempo de dominancia del folículo ovulatorio con una significativa reducción del índice de preñez. Los folículos persistentes pueden ovular y formar un cuerpo lúteo funcional, pero el índice de preñez puede disminuir si la persistencia del folículo dominante fue mayor de cuatro a ocho días. (47). Bo et al (48) observaron que en tratamientos combinados con progestágenos (SMB) y 17- β estradiol, la supresión del crecimiento y regresión del folículo dominante es alta. El mecanismo por el cual el estradiol exógeno induce supresión folicular aún se desconoce, pero se tiene la teoría de que este efecto es mediado a través de la supresión de gonadotropinas. El mecanismo por el cual los estrógenos afectan los folículos ováricos es que estos pueden inducir la supresión de las hormonas folículo estimulante (FSH) y luteinizante (LH) o por un efecto directo de estos en el ovario. (48, 52)

La aplicación de la ultrasonografía para monitorear la función ovárica en mamíferos ha resultado de gran importancia para entender la dinámica y regulación folicular. El desarrollo folicular es como una ola en secuencia de eventos organizados (53).

El ultrasonido se define como cualquier frecuencia de sonido por arriba del rango normal auditivo al oído humano, mayor a 20,000 Megahertz. La ultrasonografía utiliza altas ondas de frecuencia de sonido para producir imágenes transversales (seccionales) de tejido y órganos internos. Las ondas de sonido son producidas por medio de vibraciones de cristales especiales (cristales eléctricos de piezo) contenidos en el transductor del ultrasonido, las vibraciones de dichos cristales son producidas por pulsos electrónicos provenientes de la corriente eléctrica. Una

proporción de las ondas de sonido es reflejada de regreso al transductor, convirtiendo de esta forma la corriente eléctrica y mostrándola como eco en la pantalla del ultrasonido. El transductor funciona como emisor y receptor de ecos; los cuales son evidentes en la pantalla como varias sombras grisáceas (negro - blanco) (54).

El desarrollo de la ultrasonografía transrectal provee un aprovechamiento en el estudio de la función ovárica en lo que a ganado bovino se refiere, debido a que ha permitido entender de una manera mas clara el funcionamiento del desarrollo folicular a lo largo de diversos estados fisiológicos, en conjunción con manipulaciones experimentales, lo que ha generado nuevos hallazgos en la regulación, desarrollo y regresión del crecimiento folicular (53,54).

El ultrasonido transrectal es el método por excelencia para monitorear individualmente la actividad ovárica bovina, debido a que permite visualizar estructuras ováricas (foliculo, cuerpo hemorrágico y cuerpo lúteo), de una manera no invasiva, sin interrumpir con los eventos fisiológicos normales (ciclo estral o gestación) (55,56).

Smith et al (53), evaluaron la eficiencia del ultrasonido en la detección del cuerpo lúteo en 76 vacas Holstein-Friesian, observando un 96% de exactitud en vacas con función lútea activa (cuerpo lúteo funcional) todo esto corroborado por pruebas de progesterona en leche. Así mismo Kahn et al (57) compararon la sensibilidad de la palpación rectal y el ultrasonido encontrando un 85% de sensibilidad en ambos métodos. (24). Gutiérrez et al (58) observaron que todos los parámetros, incluyendo sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y negativo resultaron ser mas altos cuando la palpación fue comparada con la

ultrasonografía que cuando estos valores fueron comparados con niveles de progesterona. Esto se debe a que tanto la palpación como la ultrasonografía están basados en la identificación de la presencia de un cuerpo lúteo físico, mas no funcional. De la misma manera las concentraciones de progesterona son indicativas de un cuerpo lúteo funcional pero no siempre estructural (59).

Una de las herramientas más útiles en la investigación en cuanto a reproducción se refiere es la determinación de concentraciones de progesterona en varios fluidos, como es el caso de plasma, suero y leche.

La presencia, ausencia o la capacidad funcional del cuerpo lúteo puede ser determinada por medio de las concentraciones de progesterona con la finalidad de determinar el estado reproductivo del animal o bien para diagnosticar algún problema reproductivo.(59).

El Radioinmunoanálisis (RIA) es una técnica que permite cuantificar las concentraciones hormonales circulantes (progesterona, estrógenos -17 β , LH, prostaglandina, entre otras) (59). Por lo que al conjuntar todas estas técnicas podemos obtener resultados más reales y confiables.

Todas estas herramientas permiten al investigador precisar con mayor detalle los eventos que se suceden después de la sincronización de celos por lo tanto los objetivos del presente trabajo son:

III. OBJETIVOS

- Determinar si las hembras sincronizadas mediante un progestágeno como las no sincronizadas que muestran conducta estral son capaces de ovular en las siguientes 26-30 hs después de detectado el celo.
- Determinar si los animales sincronizados y no sincronizados que no muestran conducta estral son capaces de ovular.
- Evaluar el crecimiento folicular de animales sincronizados y no sincronizados así como la relación existente entre este y la conducta estral presentada a lo largo del experimento.
- Determinar los tiempos de ovulación de animales sincronizados y no sincronizados ya sea que hayan presentado conducta estral o no.
- Observar la interacción, efecto bioestimulador y conducta de imitación entre animales sincronizados y no sincronizados.
- Evaluar la predictividad de la ultrasonografía y el radioinmunoanálisis para la detección de cuerpos lúteos funcionales y estructurales.

IV. HIPÓTESIS

- Las vacas sincronizadas y no sincronizadas ovulan dentro de las 26-30 horas pos presentación de celo.
- Las vacas sincronizadas presentan conducta de celo dentro de las 24 a las 72 horas después de retirado el implante
- El celo conductual no siempre corresponde a un periodo de ovulación fisiológica.

- Existe conducta sexual de imitación de los animales no sincronizados hacia los animales sincronizados debido a un efecto bioestimuladorio.
- Algunos animales pueden presentar diferencias en los hallazgos de cuerpos lúteos encontrados por ultrasonografía y niveles de progesterona en suero.

V. MATERIAL Y MÉTODOS

Localización del experimento

El presente trabajo fue realizado en el Centro de Enseñanza Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT), ubicado en el estado de Veracruz a 360 Km. de la ciudad de México sobre la carretera México - Nautla a 5 km de la ciudad de Martínez. De la Torre, a 151 m.s.n.m; con una temperatura media anual de 24 °C y con una precipitación de 1743.4 mm anuales: por lo que es clasificado como un clima caliente húmedo Af(m) sin estación seca bien definida.(60).

Animales

Se utilizaron 18 vacas Brahman de tercer parto, sin cría al pie y con 450 kg de peso promedio, estas fueron agrupadas aleatoriamente en tres grupos (A,B y C) de 6 vacas cada uno. La elección de las vacas se llevó a cabo por medio de un estudio ultrasonográfico, eligiendo aquellas que se encontraban ciclando es decir aquellas que presentaban un cuerpo lúteo y posteriormente se dio inicio el experimento. Estas fueron divididas en tres grupos de seis vacas cada uno, numeradas de forma progresiva del número 1 al 18.

Grupo	Número
Grupo A	Del 1 al 6
Grupo B	Del 7 al 12
Grupo C	Del 13 al 18

Tratamientos

Los tres grupos de vacas se sincronizaron mediante la aplicación de un implante auricular subcutáneo con 3 mg de norgestomet (17α -acetoxo- 11β -metyl-19-norpreg-4-en-3,20 dione), de progesterona sintética y una inyección intramuscular de 3 mg de norgestomet y 5mg de valerato de estradiol (Synchromate-B), con una diferencia de 9 días entre cada grupo (fig. 1), retirándolo al noveno día después de colocado. Así mismo los tres grupos (A,B y C) permanecieron juntos durante el período experimental, independientemente del grupo que fuese sincronizado, esto con la finalidad de observar y registrar las interacciones entre animales sincronizados y no sincronizados

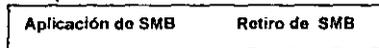
Días experimentales



Grupo A



Grupo B



Grupo C

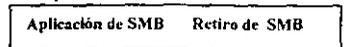


Fig. 1 Sincronización de los tres grupos (A,B y C) experimentales mediante la utilización de un progestágeno (Synchromate B) y retiro de este a los nueve días pos - implante

Detección de estro

Después de retirado el implante, las vacas fueron observadas para determinar si alguna de estas (sincronizadas o no sincronizadas) exhibían conducta estral, la cual se define como una actitud de intenso deseo sexual, que se expresa cuando una hembra busca a otra presentando conductas homosexuales, ya sea dejándose montar o montando a sus compañeras de hato.(16-18). El tiempo esperado para que las hembras mostraran celo fue de las 24 a las 72 horas después de retirado el implante (61), por lo que la detección de celo se inicio a las 24 horas después de haber retirado el implante durante 3 días consecutivos en los tres grupos experimentales. Dos observadores fueron asignados para recabar toda la actividad sexual de las vacas por periodos de 4 horas, de acuerdo a la metodología propuesta por Orihuela et al (56).

Aquellos animales sincronizados y no sincronizados que registraran por lo menos tres montas dadas o recibidas en un intervalo no mayor de cuatro horas fueron considerados en estro, clasificando la conducta estral de la siguiente manera:

- a) Celos franco.- Emitir y recibir montas o solo recibirlas
- b) Celos activo.- Emitir montas

Aquellas vacas que mostraron conducta de celo sin haber sido sincronizadas se denominaron animales concomitantes.

Ultrasonografía

Las observaciones ultrasonográficas fueron hechas por medio de un equipo Aloka modelo SSD-210XII con un transductor de 7.5 MHz transrectal con la finalidad de poder observar la actividad ovárica de los animales.

Todas las vacas fueron evaluadas ultrasonográficamente cada dos días durante el experimento y las vacas sincronizadas fueron sometidas a un período intensivo de observaciones (cada 4 horas durante 3 días) 24 horas después de haber retirado el implante con la finalidad de poder determinar el desarrollo folicular, el folículo preovulatorio, su subsecuente ovulación y la formación de un cuerpo lúteo. La ovulación se define como la desaparición de un folículo > 8 mm de diámetro (folículo preovulatorio) que estuvo presente en previas evaluaciones y que subsecuentemente formo un cuerpo lúteo (24,31), y esta fue esperada de 2 a 5 días después de retirado el implante. (34,35,36).

Los folículos antrales de varios tamaños aparecen como estructuras no ecogénicas o anecoicas (negro). El cuerpo lúteo puede ser identificado ultrasonográficamente 3 días después de la ovulación. El desarrollo de un cuerpo lúteo en la pantalla del ultrasonido luce como una estructura pobremente definida, irregular, de color grisáceo a negro con zonas o puntos ecogénicos.

A la mitad del ciclo el cuerpo lúteo esta bien definido granularmente, como una estructura grisácea (ecogénica) con una línea de demarcación visible entre este y el estroma ovárico. En un cuerpo lúteo en regresión la línea de demarcación es borrosa, todo esto debido a la ecogenicidad producida por los tejidos.

Un cuerpo lúteo con cavidades aparece como un área central no-ecogénica (negro) rodeada por una estructura lútea ecogénica grisácea. El tamaño y grosor de las cavidades varía de acuerdo a los estados cíclicos del CL (24).

Los folículos fueron clasificados de la siguiente manera:

Folículos < de 10 mm de diámetro

Folículos \geq de 10 mm de diámetro

Muestreo de sangre

Con la finalidad de determinar las concentraciones de progesterona presentes en plasma se tomaron muestras sanguíneas cada dos días a la par de que se hacían observaciones ultrasonográficas, por punción de la vena coccígea en tubos vacutainer con EDTA. Tales muestras se manejaron según las recomendaciones de Pulido et al (59), y luego de centrifugarlas a 1500 rpm durante 10 minutos, el plasma se mantuvo en congelación para su posterior análisis de concentración de progesterona mediante la técnica de radioinmunoanálisis (RIA) (59) que se llevó a cabo en el Laboratorio de Endocrinología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Cuando la concentración de progesterona fue mayor a 1 ng/ml en 2 o más muestreos seguidos, se consideró al animal ciclando con un cuerpo lúteo funcional (28). Los resultados obtenidos en las observaciones ultrasonográficas y los análisis de progesterona fueron comparados entre sí con la finalidad de poder determinar el estado ovárico funcional y estructural de los animales, así como la concordancia entre las mismas.

Un total de 324 ultrasonidos realizados cada dos días durante todo el experimento fueron analizados y comparados para determinar la concordancia y errores encontrados entre los niveles de progesterona en sangre que sugirieran la presencia o no de un cuerpo lúteo funcional y la presencia o ausencia de un cuerpo lúteo estructural por medio de ultrasonografía. Se obtuvo la sensibilidad,

especificidad , valor predictivo positivo y negativo de dichos datos con la finalidad de determinar el valor predictivo entre ultrasonido y análisis de progesterona .

Análisis estadístico

Los resultados del experimento fueron evaluados mediante estadística descriptiva. Se realizó una prueba de sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y negativo al comparar los cuerpos lúteos encontrados mediante ultrasonografía con las concentraciones de progesterona en plasma de acuerdo al método sugerido por Gutierrez et al (58). Dicho análisis nos permite hacer una correlación entre los ultrasonidos realizados y las concentraciones de progesterona en plasma obtenidas mediante radioinmunoanálisis, obteniendo de esta forma los siguientes datos:

Sensibilidad. Es la probabilidad de identificar de forma correcta a animales positivos, es decir aquellas hembras que presentan un cuerpo luteo al ultrasonido y al radioinmunoanálisis.

Especificidad. Es la probabilidad de identificar de forma correcta a animales negativos, pudiendo detectar animales que no presentan cuerpo lúteo al ultrasonido y al radioinmunoanálisis.

Así mismo el valor predictivo positivo y negativo se refiere al porcentaje de hembras que pueden resultar positivas a la prueba pero en realidad son negativas (valor predictivo positivo) y viceversa (valor predictivo negativo). Las formulas para calcular estos datos se muestran en la figura 3.

VI. Resultados

Presentación de celo franco y activo pos - retiro del implante

Al retirar el implante en el grupo A 33.3 % de las vacas sincronizadas mostraron celo franco, 16.6% celo activo y las tres hembras restantes no mostraron celo alguno. Así mismo se observó que dos vacas del grupo C, mostraron celo franco sin haber sido sincronizadas, sugiriendo una posible conducta de imitación con el grupo sincronizado y siendo consideradas como animales concomitantes.

En el grupo B se observó que de seis vacas sincronizadas el 50% mostró celo franco y 50% restante no mostró celo. Tres hembras del grupo A, las cuales no fueron sincronizadas, presentaron celo activo concomitante junto con las vacas sincronizadas.

En el grupo C cinco de las seis vacas sincronizadas mostraron celo franco, y una de seis mostró solo celo activo. Al igual que el grupo B 25% de las hembras no sincronizadas en el grupo A y B mostraron celo activo sugiriendo de esta forma una posible conducta de imitación (Cuadro 1).

El promedio general desde retiro del implante a presentación de celo franco y activo en animales sincronizados y concomitantes fue de 42.9 ± 5.9 horas con una duración de 8.7 ± 2.3 y de 43.5 ± 5.4 horas con una duración de 8.8 ± 4.8 horas respectivamente, no existiendo diferencia alguna entre los promedios obtenidos en ambos grupos. De igual forma dentro de los tres grupos experimentales (A,B y C) el promedio individual de celo en hembras sincronizadas y concomitantes para cada grupo fue de 50.1 ± 2.0 horas con una duración promedio de 9.8 ± 1.8 horas para hembras sincronizadas y de 50.5 ± 2.1 horas con duración de 9 horas para

animales concomitantes en el grupo A, siendo para el grupo B de 46.1 ± 2.0 horas con duración de 10.5 ± 2.6 horas en hembras sincronizados y de 41.6 ± 6.0 horas con duración de 10.6 ± 7.2 horas en hembras concomitantes y finalmente de 37.6 ± 1.7 con duración de 7.4 ± 2.6 horas en vacas sincronizadas y de $40.6 \pm .5$ horas con duración de 7 ± 4.5 horas en hembras concomitantes para el grupo C.(Cuadro 1).

Momento de ovulación pos - retiro de implante

En el cuadro 2 se puede observar el momento de ovulación durante la sincronización de los tres grupos experimentales (A, B y C) después de retirado el implante, el cual fue determinado por medio de las observaciones ultrasonográficas y los niveles de progesterona en suero.

La ovulación pos - retiro de implante en los grupos experimentales (A, B y C) fue del 83.3%. Tres animales (16.6 %) ovularon fuera del grupo en el que fueron sincronizados. El tiempo promedio de ovulación pos - retiro de implante para el Grupo A, B y C fue de 126.4 ± 43.1 , 102.3 ± 41.6 y 62.2 ± 10 horas, con un diámetro folicular promedio de 14.8 ± 2.8 mm, 12.3 ± 1.9 mm y 12.4 ± 2.0 mm respectivamente.

El tiempo de ovulación de los animales no sincronizados desde el retiro de implante del grupo sincronizado fue de 77, 120 y 144 horas con un diámetro folicular de 16 mm, 12 mm y 14 mm para las vacas 18, 1 y 2 respectivamente.

Inicio de celo a ovulación

El lapso desde el inicio de celo franco a ovulación promedio en los grupos A, B y C fue de 30.5 ± 0.7 , 31 ± 2.6 y 23.2 ± 6.4 horas respectivamente. La vaca 18 ovuló sin haber sido sincronizado junto con el grupo A 28 horas después de iniciado el celo franco sugiriendo un efecto bioestimulador (ver cuadro 3).

Presentación de celo y ovulación

En la figura 2 se muestra la presentación de celo franco y activo así como la ovulación tanto de los animales sincronizados vs no sincronizados. El porcentaje total de vacas que respondieron a la sincronización en los tres grupos experimentales fue del 66.6%, teniendo que el 83.3% mostró celo franco y el 16.6% restante celo activo. Asimismo se observó que el 44% de los animales no sincronizados (concomitantes) manifestaron celo junto con los animales sincronizados, teniendo que el 75.7% de estos animales presentaron celo activo y el 25.2% celo franco. De forma general de las doce vacas que mostraron celo franco, el 91.6% de ellas ovularon y de las ocho vacas que mostraron celo activo tan solo una ovuló.

El 100% de los animales sincronizados que mostraron celo franco ovularon, mientras que aquellos dentro de la misma clasificación que mostraron celo activo tan solo el 50% ovuló, indicando que existen animales que presentan conducta estral al ser sincronizados sin llegar a ovular (celo anovulatorio). De igual forma en aquellos animales no sincronizados que mostraron celo franco se observó que tan

solo el 50% de estos ovulo, sin embargo aquellos que mostraron celo activo no ovularon.

Individualmente durante la sincronización del grupo A, de las vacas que ovularon, dos manifestaron celo franco, una celo activo y las dos restantes no manifestaron conducta de celo alguna. Durante la sincronización de este grupo dos vacas pertenecientes al grupo C (el cual no estaba sincronizado) mostraron celo franco concomitante; sin embargo tan solo una ovuló.

Cuando se sincronizó el grupo B el 50% de las vacas que ovularon mostraron celo franco y dos no mostraron conducta de celo alguna. Tres animales no sincronizados pertenecientes al grupo A, mostraron celo activo junto con los animales sincronizados, mas no ovularon, lo que indica una posible conducta de imitación hacia los animales sincronizados, además la vaca uno (perteneciente al grupo A) ovuló sin presentar conducta de celo junto con el grupo B sin haber sido sincronizada.

Durante la sincronización del grupo C el 100% de las vacas que mostraron celo franco ovularon. Una de las vacas de este grupo mostró celo activo, pero no ovuló. En cuanto a los animales pertenecientes a los grupos no sincronizados tres mostraron también celo activo pero no ovularon sugiriendo al igual que en la sincronización del grupo A, una posible conducta de imitación. De la misma manera que el grupo B, en el grupo C una vaca sin haber sido sincronizada ovuló junto con el grupo sincronizado sin mostrar conducta de celo alguna.

Relación de los cuerpos lúteos encontrados mediante ultrasonografía y las concentraciones de progesterona (P4) detectadas mediante radioinmunoanálisis (R.I.A.)

En los cuadros 4, 5 y 6 se observa la relación entre un cuerpo lúteo (CL) determinado mediante ultrasonografía (US) y la concentración de progesterona (P4) en los tres grupos experimentales.

De un total de 324 ultrasonidos y muestras de progesterona en los tres grupos experimentales el 42.2% de las muestras fueron positivas a ultrasonido y niveles de progesterona mayores a 1ng/ml, lo cual indica la presencia de un cuerpo lúteo funcional y estructural, de manera contraria el 28.08% de las muestras mostraron niveles de progesterona menores a 1ng/ml y ultrasonido negativas indicando de esta forma la ausencia de cuerpo lúteo alguno para un total de 228 aciertos tanto de la presencia o ausencia funcional y estructural de un cuerpo lúteo.

En cuanto a los errores de concordancia entre ultrasonido y niveles de progesterona se refiere, el 26.23% de las muestras mostraron ultrasonográficamente la presencia de un cuerpo lúteo con niveles de progesterona menores a 1 ng/ml lo cual señala la existencia de un cuerpo lúteo estructural mas no funcional.

Así mismo en el 3.3% de las muestras se obtuvieron valores de progesterona mayores a 1ng/ml y la ausencia de un cuerpo lúteo al ultrasonido, sugiriendo de esta forma la existencia de un cuerpo lúteo funcional mas no estructural.

La sensibilidad del experimento fue del 92.5%, la especificidad del 51.7% con un valor predictivo positivo de 61.7% y negativo del 11.7%, estos datos se especifican en la figura 3.

Actividad ovárica bajo la influencia del implante

Durante el tiempo que permaneció el implante en los tres grupos experimentales la actividad ovárica fue la siguiente:

En el grupo A 83.33% de los animales sincronizados mostraron un cuerpo lúteo y folículos menores de 10 mm de diámetro y una vaca presentó un cuerpo lúteo y folículos menores, mayores o iguales a 10 mm. Para el grupo B se tuvo que el 100% de los animales sincronizados presentaban un cuerpo lúteo y folículos menores a 10 mm. Finalmente en el grupo C 66.6% de las hembras presentaron un cuerpo lúteo y folículos menores, mayores o iguales a 10 mm y dos animales mostraron un cuerpo lúteo y folículos menores a 10 mm.

En el cuadro 7 se puede observar toda la actividad ovárica registrada en las observaciones ultrasonográficas cada dos días a lo largo de todo el experimento en los tres grupos experimentales, tanto de animales sincronizados como de los no sincronizados. La clasificación de los folículos de acuerdo a su tamaño se muestra en el mismo cuadro

Desarrollo folicular durante el ultrasonido intensivo

En las gráficas 1 a 6 se muestra el desarrollo folicular, ovulación y presencia de cuerpo lúteo en los tres grupos experimentales durante el ultrasonido intensivo, el cual fue realizado cada cuatro horas, 24 horas después de haber retirado el implante durante tres días consecutivos.

Durante el ultrasonido intensivo del grupo A se encontró que cinco vacas presentaron un desarrollo folicular mayor o igual a 10mm de diámetro, pero solo

en 5 de las vacas se pudo detectar ovulación. Dos de seis de las vacas que presentaron un desarrollo folicular, mostraron la presencia de un cuerpo lúteo estructural inferior a 1 cm de diámetro durante el periodo intensivo.

La vaca uno mostró un desarrollo folicular, bajo la presencia de un cuerpo lúteo mayor a 1 cm de diámetro, sin detectarse ovulación alguna. (Gráficas 1 y 2).

En el grupo B se encontró que 5 vacas, tuvieron un desarrollo folicular con una consecuente ovulación, dos de estos animales presentaron a su vez un cuerpo lúteo visible menor a 1cm de diámetro. Así mismo la vaca 8 no mostró desarrollo folicular, presentando un cuerpo lúteo visible mayor a 1cm. (Gráfica 3 y 4).

En el grupo C cuatro de las vacas mostraron un desarrollo folicular mayor a 10 mm seguido por ovulación. En dos de seis de las vacas (14 y 16) se detectó ovulación al principio del periodo intensivo. (Gráfica 5 y 6).

VII. DISCUSIÓN

Presentación de celo pos - retiro del implante

Porras et al (27), al sincronizar con un progestágeno sintético (SMB) vacas cebú ciclando encontraron una respuesta de estro al tratamiento de 90.2% con un tiempo promedio desde retiro del implante a estro de 31 a 57 horas, lo cual si bien no concuerda con la respuesta total a estro pos retiro de implante que en el presente trabajo fue del 66.6%, si con el tiempo de presentación de estro, el cual fue de 42.9 ± 5.9 hs. Así mismo la respuesta individual al tratamiento en el grupo A y B (50%) no coincide con lo encontrado por dichos autores, pero si con la respuesta del grupo C (100%) la cual fue superior a la encontrada por estos. En cuanto al tiempo de presentación de estro pos retiro de implante en los tres grupos experimentales se refiere, estos estuvieron acorde con lo encontrado por Porras et al (27) con una respuesta promedio de 50.1 ± 2.0 , 46.1 ± 2.0 y 37.6 ± 1.7 horas para los grupos A, B y C respectivamente.

Pinheiro et al (2) estudiaron el comportamiento estral en vacas Nellore (*Bos indicus*) con estro inducido mediante progestágenos encontrando una respuesta a estro en los animales sincronizados del 66% acorde con la respuesta general encontrada en el presente trabajo, siendo superior a lo encontrado de forma individual en los grupos A y B e inferior al grupo C. En el mismo estudio se encontró una duración de estro de 10.9 ± 1.4 horas, superior al promedio general (8.7 ± 2.3 horas) e individual (A 9.8 ± 1.8 , B 10.5 ± 2.6 y C 7.4 ± 2.6 horas) encontrado en los grupos experimentales.

En los animales concomitantes el promedio de presentación de celo pos retiro de implante y la duración del mismo fue de 43.5 ± 5.4 horas con una duración de 8.8 ± 4.8 horas de forma general y de 50.5 ± 2.1 , 41.6 ± 6.0 y 43.5 ± 5.4 horas con duración de 9 horas, 10.6 ± 7.2 y 8.8 ± 4.8 horas de forma individual para los grupos A,B y C respectivamente. La información anterior coincide con lo encontrado por Porras et al y Pinheiro et al (2,27), y va acorde con lo descrito por Galina et al (41) los cuales mencionan que no existe diferencia entre el tiempo de presentación de estro y duración del mismo ya sea de forma natural o sincronizada.

La ovulación desde retiro de implante ocurrió a las 126.4 ± 43.1 , 102.3 ± 41.6 y 62.2 ± 10.6 horas en los grupos A,B y C respectivamente. El promedio encontrado en el grupo A y B fue muy superior al encontrado por Pinheiro et al (63) 82.6 ± 5.4 horas, Isidro et al (16) 87.8 ± 6.71 y 87 ± 2.6 horas y Cavalieri et al (64) 67 - 69 horas, contrario a esto el promedio del grupo C fue inferior a lo encontrado por estos autores. Esta variación puede ser debida a que algunas hembras mostraron conducta estral de manera grupal con otras hembras y la respuesta fisiológica no correspondió a los signos conductuales, lo cual sugiere que son capaces de mostrar signos de celo a pesar de que el tiempo de ovulación esta distante a este fenómeno.

En cuanto a los tres animales sin sincronizar que no mostraron conducta de celo pero si ovularon, una vaca estuvo acorde con lo encontrado con Pinheiro et al (63) presentando un tiempo de ovulación pos retiro de implante de 77 horas. Las otras dos vacas presentaron un promedio de 120 y 144 horas, muy por encima de lo encontrado por los tres autores antes mencionados (16,63,64). Medrano et al

(24) encontraron que algunos animales que no manifiestan conducta de celo al no encontrar animales en estro con quienes interactuar al momento que ellos se encuentran en estro fisiológico.

Inicio de celo a ovulación

El tiempo promedio desde inicio de celo a ovulación en el presente trabajo fue de $30.5 \pm .71$, 31 ± 2.65 y 23.2 ± 6.42 horas en los grupos A,B y C respectivamente. El promedio de los grupos A y B fue similar a lo encontrado por Pinherio et al, Zarco et al e Isidro et al (2,5,7). El promedio encontrado en el grupo C tan solo estuvo acorde con una de las dos repeticiones del estudio publicado por Isidro et al (16), el cual fue de 54.8 ± 0.3 horas.

Presentación de celo y ovulación

El éxito de los programas de inseminación artificial en el trópico ha tenido grandes obstáculos debido a la pobre eficiencia en la detección de estro aunado al tipo de ganado predominante es de tipo cebú, el cual no exhibe abiertamente los signos de estro. El hecho de conocer el intervalo de estro a ovulación en ganado cebú resulta de vital importancia para estimar el tiempo más propicio para llevar a cabo la inseminación artificial (19,21).

Como se había mencionado anteriormente 66.6% de los animales sincronizados manifestaron conducta de celo en el presente trabajo, dato acorde con lo encontrado por Porras et al (27), de estos 83.3% mostró celo franco y el 16.6% restante celo activo. El 44% de los animales no sincronizados manifestaron celo junto con los animales tratados, teniendo de esta forma que 75.7% mostraron celo

activo y el 25.2% celo franco, esto puede ser debido a lo encontrado por algunos autores, los cuales han reportado que algunas vacas no sincronizadas pueden exhibir conducta de estro (montar) en ausencia de actividad folicular, debido a una conducta de imitación hacia los animales en celo verdadero pudiendo afectar de esta forma el reconocimiento del mismo (21,40,43). Se sugiere que vacas cebú bajo condiciones de campo tienden a manifestar comportamiento de sinergismo sexual con las hembras inducidas mediante un progestágeno (25,60). López et al (65) al sincronizar vacas Holstein con SMB indujo al 30.3% de las vacas no tratadas, las cuales manifestaron conducta estral.

De las doce vacas que mostraron celo franco en el presente estudio el 91.6% de ellas ovuló, sugiriendo de esta manera junto con lo postulado por Galina et al (19) que cuando una vaca monta y se deja montar o tan solo monta es muy probable que se encuentre en estro a diferencia de aquellas que solo montan (celo activo) a otras compañeras, las cuales pueden estar o no en estro. Lo anterior también coincide con lo encontrado en el presente trabajo en donde de las ocho vacas que mostraron celo activo tal solo el 12.5% ovuló. Así mismo se sugiere que el 85 % de las montas detectadas seguidas a la sincronización hormonal son recibidas y dadas por vacas en estro (celo franco), algunas vacas exhiben conducta de monta (celo activo) en ausencia de actividad folicular debido tal vez a una conducta de imitación hacia los animales en estro verdadero (40).

Contrario a lo reportado por Orihuela et al (62), quienes reportaron que el 85% de las montas detectadas son dadas o recibidas por vacas en estro en el presente trabajo se observó que solo el 19% de las hembras que no se dejaron montar llegaron a ovular. Por lo tanto se puede concluir que el celo franco es un buen

indicador de que un animal se encuentra en un estro fisiológico y conductual verdadero y que el celo activo al menos bajo las condiciones del presente trabajo no es indicativo de que el animal vaya a ovular y por ende tenga la oportunidad de quedar gestante.

Durante la sincronización del grupo A y B dos vacas en cada grupo no mostraron conducta de celo alguna, sin embargo ovularon, esto es contrario a la aseveración hecha por Galina et al (19) en la cual se dice que aquellas vacas que no se encuentran en estro generalmente se apartan del grupo sexualmente activo y su participación en las actividades sexuales es casi nula. En el presente reporte a pesar de que el grupo sexualmente activo era numeroso, las hembras en cuestión no mostraron signos de celo a pesar de tener el respaldo fisiológico de un folículo que fue capaz de ovular. Asimismo en algunos estudios se ha demostrado que vacas dominantes muestran una escasa participación en actividades de monta ya sean activas, pasivas o ambas, y por ende no siempre las vacas con mayor jerarquía sean aquellas que realizan mas montas o montan mayor número de vacas (21). Castellanos et al (66) observó que vacas con alta jerarquía no permiten ser montadas por otras compañeras de grupo, lo cual concuerda con lo encontrado durante la sincronización del grupo A, en el cual una de las vacas sincronizadas mostró tan solo celo activo y una subsecuente ovulación. Contrario a esto dos vacas no sincronizadas en el mismo grupo manifestaron celo franco, pero tan solo una de ellas ovuló sugiriendo de esta forma que pueden existir vacas con baja jerarquía que pueden dejarse montar sin encontrarse necesariamente en estro.

Existen vacas que pueden manifestar conducta estral sin tener un respaldo fisiológico, producto de una conducta de imitación hacia los animales sincronizados que exhiben estro. (16,66). Medrano et al (67) encontraron que los grupos sexualmente activos son formados por vacas que se encuentran en diversas fases del ciclo estral y la mayoría de celos son acompañados es decir se presentan grupos sexualmente activos de dos o mas vacas, aún cuando no todas se encuentran en estro fisiológico.

En el grupo B y C dos animales sin haber sido sincronizados ovularon sin manifestar conducta de celo alguna, pudiendo ser esto debido a un posible efecto de bioestimulación acorde con lo encontrado por Galina et al (21). De la misma forma Wrigth et al (68), encontró que el moco cervical proveniente de vacas en estro al parecer contiene ferohormonas que pueden inducir respuestas fisiológicas y conductuales en otros animales.

Cuatro vaca pertenecientes al grupo A y B, fueron sincronizadas y ovularon sin llegar a presentar conducta de celo alguno. El tiempo promedio general e individual desde retiro de implante a ovulación en estos animales fue de 150 ± 22.9 hs, 168 h para las vacas cuatro y cinco y de 120 hs y 144 hs para las vacas once y doce respectivamente. Dichos tiempos fueron superiores a los que obtuvieron los animales sincronizados que ovularon y mostraron conducta de celo, esto nos hace suponer que aquellos animales que fueron sincronizados y ovularon sin mostrar comportamiento estral aparente entraron en estro fisiológico mucho después de que se formó el grupo sexualmente activo a las 30.5 ± 0.7 y 31 ± 2.6 horas, debido a esto estos animales no encontraron compañeras de hato con quienes interactuar sexualmente. López et al (21) observaron que el número

de animales inducidos hormonalmente esta directamente relacionado con el número de compañeras de hato que mostraron comportamiento estral, esto también se sustenta en lo propuesto por Cortéz et al (40) los cuales mencionan que el promedio de número de montas por vaca y la longitud de estro se incrementa cuando dos o más animales están sexualmente receptivos al mismo tiempo. Por lo tanto podemos decir que debido a que estos animales presentaron celo fisiológico después de que se formara el grupo sexualmente activo, tuvieron pocas oportunidades de interactuar con el resto de la manada.

Otra posible explicación a este fenómeno podría ser también el hecho de que el rango jerárquico de una vaca en el hato al parecer ejerce, una mayor influencia en la expresión estral, algunos animales dominantes muestran poca participación en cuanto a actividades de monta se refiere ya sean activas, pasivas o ambas. Castellanos et al (42).

De igual forma, dos vacas (1 y 2) en el Grupo B y C sin haber sido sincronizadas ovularon sin mostrar conducta de celo alguna, se realizó un promedio desde el retiro del implante de los animales sincronizados a la ovulación de estos, teniendo un promedio general de 112.3 ± 32.1 e individual de 120 y 144 horas para las vacas uno y dos respectivamente. Estos animales ovularon con tiempo muy por encima de los encontrados en animales sincronizados que mostraron celo, tal vez se deba a lo explicado anteriormente en aquellas vacas sincronizadas que no mostraron conducta de celo pero si ovularon.

Durante la sincronización del grupo A la vaca número 18 mostró celo franco junto con las vacas sincronizadas y ovuló, esto va acorde con lo encontrado por

Gutiérrez et al (43), quienes indican que existen vacas que pueden manipular la duración de su ciclo estral para estar a la par con el grupo sexualmente activo.

No existió diferencia entre el grupo A y B en cuanto a presentación de celo se refiere debido a que el 50% de las vacas sincronizadas en estos grupos mostró celo, siendo diferente a lo encontrado en el grupo C, en el cual el 100% de las vacas sincronizadas mostraron celo, pudiendo sugerir de esta forma que después de la sincronización del grupo C, el estro fisiológico y conductual de estos se presentó en el mismo tiempo, formándose un grupo sexualmente activo, en el cual todos los animales sincronizados interactuaron entre sí, siendo esto tal vez producto de la sincronización escalonada.

En resumen el hecho de que el comportamiento estral sea observado en tiempos diferentes al estro esperado sugiere que factores sociales y de comportamiento dentro del hato pueden interponerse a la respuesta obtenida hacia los tratamientos de sincronización hormonal exógenos.

Otros experimentos han demostrado que factores como es el caso de cambios abruptos en el manejo, alimentación y climáticos pueden inhibir la expresión de la conducta estral.(40)

Relación entre los cuerpos lúteos encontrados mediante ultrasonografía y las concentraciones de progesterona (P4) detectadas mediante radioinmunoanálisis (R.I.A.)

Al comparar los cuerpos lúteos encontrados mediante ultrasonografía con las concentraciones de progesterona mediante radioinmunoanálisis en los tres grupos experimentales se pudo observar que la concordancia entre estos dos métodos

fue del 70.37%. La sensibilidad del experimento fue del 92.56%, lo cual es superior a lo reportado por Kahn y Ludlow (69) quienes compararon la palpación y la ultrasonografía transrectal con la disección ovárica durante la fase lútea media, obteniendo una sensibilidad de 85% para ambos métodos. En cuanto a especificidad se refiere se encontró un 51.70 % en el presente trabajo, lo cual no coincide por lo reportado por Pieterse et al (70), los cuales evaluaron la sensibilidad y especificidad en la palpación rectal y la ultrasonografía transvaginal obteniendo una sensibilidad y especificidad del 83.3% y 73.2% y del 80.6% y 85.3% respectivamente. Los errores de concordancia se deben en gran parte a la etapa del ciclo estral en que el animal se encuentra, así como la habilidad de la persona que realiza el ultrasonido y la interpretación del mismo. Existen dos tipos de errores, el error 1 consiste en la presencia de un cuerpo lúteo detectado por medio de ultrasonido, pero con concentraciones de progesterona bajas, las cuales no corresponden a las concentraciones de un cuerpo lúteo funcional. Este tipo de error se debe principalmente a que en los últimos días del ciclo estral existe una rápida declinación de las concentraciones de progesterona, lo cual no es acompañado por una disminución del cuerpo lúteo estructural observado por medio de ultrasonido, o bien puede deberse también a que, tras ovular, las concentraciones de progesterona comienzan a aumentar gradualmente pero al ultrasonido ya puede detectarse la presencia de un cuerpo lúteo estructural. El error tipo 2 se refiere a que se tienen concentraciones de progesterona altas, pero al ultrasonido no se detecta la presencia de un cuerpo lúteo, este error básicamente se debe a una falla en la realización e interpretación del ultrasonido. (71,72).

Ribadu et al (71) compararon la ultrasonografía transrectal con las concentraciones de progesterona en plasma en la detección de un cuerpo lúteo, obteniendo una sensibilidad, especificidad y valor predictivo positivo de 95%, 100% y 100% respectivamente, coincidiendo de cierta forma con la sensibilidad encontrada en el presente estudio pero no con la especificidad ni con el valor predictivo positivo (61.71%), los cuales fueron inferiores.

Gutiérrez et al (58) demostró que existe una mayor concordancia entre la palpación y la ultrasonografía que entre alguna de estas y las concentraciones de progesterona en suero, esto se debe a que tanto la palpación como la ultrasonografía están basadas en la identificación de la presencia estructural de un cuerpo lúteo independientemente de su estado funcional. En contraste a esto las concentraciones de progesterona en suero señalan el estado funcional del cuerpo lúteo. La mayoría de los casos de discordancia en la detección de un cuerpo lúteo entre un estudio ultrasonográfico y las concentraciones de progesterona en plasma se deben a que estas pruebas son realizadas durante la fase temprana o tardía del diestro (58).

En el presente trabajo se encontró un valor predictivo negativo del 11.78%, superior a lo encontrado por Cavestany et al (71) el cual fue del 8 %, esto como antes se había mencionado se debe a un error de concordancia tipo 2 entre el ultrasonido y las concentraciones de progesterona en suero el cual se debió a problemas en la interpretación y realización del ultrasonido .

El efecto del SMB sobre la actividad ovárica se evaluó desde el momento en que se aplicó el implante hasta su retiro en los tres grupos experimentales, observando que trece de los dieciocho animales sincronizados, presentaron un cuerpo lúteo y

foliculos menores a 10 mm de diámetro y los cinco restantes presentaron un cuerpo lúteo y foliculos menores, iguales o mayores de 10 mm de diámetro.

Murray et al (31) encontraron que los tratamientos con progestágenos a dosis comunes no suprimen la liberación de LH de la misma manera que la progesterona secretada por el cuerpo lúteo, por lo cual pueden presentarse foliculos persistentes mayores a 10 mm de diámetro aún con el implante colocado.

Contrario a lo encontrado por Isidro et al (16) ninguna vaca en el presente experimento mostró celo con el implante puesto, esto tal vez debido a que estos presentaban al ultrasonido un cuerpo lúteo.

VIII. CONCLUSIONES

- * El tiempo de presentación de celo a ovulación en los tres grupos experimentales tanto para animales sincronizados como no sincronizados estuvo dentro del rango esperado (26 - 30 horas).
- * Existen animales que pueden exhibir conducta de celo sin llegar a ovular
- * Existen animales que llegan a ovular sin mostrar conducta estral
- * La mayoría de las vacas que mostraron celo franco llegaron a ovular, contrario a aquellas que solo mostraron celo activo y solo una de ellas ovuló.
- * Existen errores de concordancia en la detección de cuerpos lúteos entre ultrasonido y las concentraciones de progesterona en suero, esto es debido a dos factores, la etapa del ciclo estral en que se encuentre el animal y por errores en la realización e interpretación del ultrasonido.
- * La sincronización escalonada puede influir directamente sobre el número de hembras tratadas que participan dentro del grupo sexualmente activo, incrementándose el número de las mismas cuando se realiza la última sincronización.

IX. BIBLIOGRAFIA

1. Chenoweth PJ. Aspects of in female *Bos indicus* cattle: a review. *Australian Veterinary Journal* 1994;71:422-426.
2. Pinheiro OL, Barros CM, Figueiredo RA, do Valle ER, Encarnao RO, Padovani CR. Estrous behavior and the estrus-to-ovulation reproduction interval in Nelore cattle (*Bos indicus*) with natural estrus or estrus induced with prostaglandin F2 or norgestomet and estradiol valerate. *Theriogenology* 1998;49:667-681.
3. Galina CS, Anthur GH. Review of cattle reproduction in the tropics, Part.4 Oestrus cycles. *Animal Breeding Abstract* 1990;58:697-707.
4. Srivastava SK, Sahni KL, Mohan G. Behavioural symptoms and conception in rural cows and buffaloes under tropical condition. *Indian Veterinary Journal* 1998;75:43-45.
5. Zarco L, Hernández. Momento de ovulación y efecto del intervalo entre el inicio del estro y la inseminación artificial sobre el porcentaje de concepción a vaquillas Holstein. *Veterinaria México* 1996;27:279-283.
6. Larson B. Sperm distribution and its relation to ovulation in artificial inseminated heifers. Tesis de doctorado. Facultad de Medicina Veterinaria. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala. Sweden, 1998.
7. Hunter RHF. Towards 100% fertilization in inseminated cows, with particular reference to the site of sperm storage. *Animal Breeding Abstract* 1984;52:1-5.
8. Jimenez F, Galina CS, Duchateau A, Navarro-Fierro R. Levels of LH, progesterone and estradiol-17 β during natural and PGF2-induced estrus in

- Indobrazil and Brown Swiss cows in the tropics. *Animal Reproduction Science* 1988;16:199-206.
9. Randel RD (1990) Proc 39th Annu Beef Cattle Short Course, University of Florida, p60.
 10. Hansel W, Echtenkamp SE. Control of ovarian functions in domestic animals. *Animal Zoology* 1972;12:225-243.
 11. Hunter RHF, Wilmut I. Sperm transport in the cow: peri-ovulatory redistribution of viable cells within the oviduct. *Reproduction Nutrition Development* 1984;24:597-608.
 12. Wishart DF. Observations on the oestrus cycle of the Friesian Heifer. *Veterinary Record* 1972;90:595-597.
 13. Mukasa-Mugerwa E. A review of reproductive performance of female of female *Bos indicus* (Zebu) cattle. Ethiopia: ILCA, 1989; monograph 6:1-34.
 14. Galina CS, Arthur GH. Review on cattle reproduction in the tropics. Part 4. Oestrus cycles. *Animal Breeding Abstract* 1990;58:697-707.
 15. Orihuela A. Algunos factores que afectan la manifestación conductual del estro en el ganado bovino. Primer Congreso Nacional de Etología Veterinaria; 1997 noviembre 6 y 7; México, DF: Sociedad Mexicana de Etología Veterinaria, AC, 1997:24-27.
 16. Isidro R. Determinación ultrasonográfica de la dinámica folicular y la presentación de la conducta de celo en un hato de vacas Brahman (cebú) bajo un programa de sincronización con Synchronate-B (SMB) en el trópico seco mexicano. Tesis de licenciatura. UNAM-FMVZ. México 2000.

17. Thomas I, Dobson H. Oestrus during pregnancy in the cow. *Veterinary Record* 1989;124:387-390.
18. Galina CS. Reproducción de los animales domésticos. Edit. Limusa. México 1996.
19. Price EO. Sexual behavior of female domestic mammals. *Veterinary Clinics of North America-Food Animal Practice-Farm Animals Behavior*.1987;3:405-421.
20. Zarco L. Factores que afectan los resultados de la inseminación artificial en el bovino lechero. *Veterinaria México* 1990;XXI:235-240.
21. Galina CS, Orihuela A, Rubio I. Behavioural trends affecting oestrus detection in Zebu cattle. *Animal Reproduction Science*1996;42:465-470.
22. Galina CS, Pérez E, Baca JR. Comportamiento reproductivo de vacas Bos taurus x Bos indicus bajo programas de inseminación artificial a estro sincronizado y natural en condiciones del trópico seco de Costa Rica. *Veterinaria México* 1998;29:67-73.
23. Galina CS, Calderón A, McCloskey M. Detection of signs of oestrus in the Charolais cow and its Brahman cross under continuous observation. *Theriogenology* 1982;17:485-498.
24. Medrano EA, Hernández O, Lamothe C, Galina CS. Evidence of asynchrony in the onset of signs of oestrus in zebu cattle treated with a progestagen ear implant. *Research in Veterinary Science*.1996;60:51-54.
25. Porras A, Galina CS. Utilización de progestágenos para la manipulación del ciclo estral bovino. *Veterinaria México* 1992;XXIII:31-36.
26. Galina CS, Orihuela A, Rubio I. Behavioural trends affecting oestrus detection in Zebu cattle. *Animal Reproduction Science* 1996;42:465-470.

27. Porras A, Galina CS, Zarco L. Control de estro en ganado *Bos indicus* en condiciones tropicales: Efecto de la utilización del Norgestomet combinado con estrógenos. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 1993; 1:175-185.
28. Frisch JE, O'Neill CJ. Calving rates in a tropical beef herd after treatment with a synthetic progestagen, norgestomet, or a prostaglandin analogue, clorprostenol. *Australian Veterinarian Journal* 1995;73:98-102.
29. Lokhande SM, Patil VH, Mahajan DC, Phadnis YP, Humblot P, Thibier M. Fertility on synchronized estrus in crossbred (*Bos taurus* x *Bos indicus*) heifers. *Theriogenology* 1983;20:397-406.
30. Ireland JJ, Roche JF. Effect of progesterone on basal LH and episodic LH and FSH secretion in heifers. *Journal of Reproduction and Fertility* 1982;64:295-302.
31. Murray AJ, Cavalieri J, Occhio MJD, Whyte TR, Madellan LJ, Fitzpatrick LA. Treatment with progesterone and 17 β -oestradiol to induce emergence of a newly-recruited dominant ovulatory follicle during oestrus synchronisation with long-term use of norgestomet in Brahman heifers. *Animal Reproduction Science* 1998;50:11-26.
32. Savio JA, Thatcher WW, Badinga L, de la Sota RL, Wolfenson D. Regulation of dominant follicle turnover during the oestrus cycle in cows. *Journal of Reproduction and Fertility* 1993;97:197-203.
33. Wishart DF. Identification of steroids of high activity for control of the oestrus cycle in the dairy heifer. *Journal of Reproduction and Fertility* 1972;30:333-334.

34. Barnes MA, Kazmer GW, Bierly ST. Gonadotropic and ovarian hormone response in dairy cows treated with Norgestomet and estradiol valerate. *Theriogenology* 1981;16:13-25.
35. Hoagland TA, Barnes MA. Serum and milk progesterone in Synchro-mate B treated postpartum beef cows. *Theriogenology* 1984;22:247-257.
36. Kazmer GW, Barnes MA, Halman RD. Endogenous hormone response and fertility in dairy heifers treated with Norgestomet and estradiol valerate. *Journal Animal Science* 1981;53:1333-1340.
37. Cavalieri J, Fitzpatrick LA. Artificial insemination of *Bos indicus* heifers: The effects of body condition score, ovarian cyclic status and insemination regimen on pregnancy rate. *Australian Veterinarian Journal* 1995;12:441-447.
38. Beal WE, Good GA, Peterson LA. Estrus synchronization and pregnancy rates in cyclic and noncyclic beef cows and heifers treated with Synchro-mate B or Norgestomet and Alfaprostol. *Theriogenology* 1984;22:59-65.
39. Galina CS. La aplicación de la etología con relación a la fisiología reproductiva de los bovinos bajo condiciones de trópico. Segundo Congreso Nacional de Etología Veterinaria; 1998 diciembre 10 y 11; México, DF: Sociedad Mexicana de Etología Veterinaria, AC, 1998:1.
40. Cortés JR, Orihuela JA. Effect of sexual partners on the oestrus behaviour response in Zebu cattle (*Bos indicus*) following synchronization with a progestagen (Synchro-Mate B). *Asian-Australian Journal of Animal Science* 1999;12:515-519.
41. Galina CS, Orihuela A, Duchateau A. Reproductive physiology in zebu cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 1987;3:619-632.

42. Castellanos F, Galina CS, Navarro Fierro R, Orihuela A, Mondragón R. Estrous expression in dairy cows and heifers (*Bos taurus*) following repeated PGF2 alpha injection and choice of selecting a mounting partner. *Applied Animal Behaviour Science* 1997;51:29-37.
43. Gutiérrez C, Galina CS, Rubio I. The influence of the social structure of a zebu herd on the manifestation of signs of oestrus. *World Review of Animal Production* 1993;28:57-70.
44. Rhodes RC, Randel RD. Reproductive studies of Brahman cattle. I. Behavioral effect of various dose levels of estradiol-17 β upon ovariectomized Brahman, Brahaman x Hereford and Hereford cows. *Theriogenology* 1978;9:429.
45. McGuire WJ, Larson RL. Syncro-mate B induces estrus in ovariectomized cows and heifers. *Theriogenology* 1990;34:1:33-37.
46. Larson LR, Kiracofe GH. Estrus after treatment with Synchronate-B in ovariectomized heifers is dependant on the injected estradiol valerate. *Theriogenology* 1995;44:177-187.
47. Rajamahendran R, Manikkam M. Effects of exogenous steroid hormones on the dominant follicle maintained by a Norgestomet implant in heifers. *Canadian Journal of Animal Science* 1994; 74:457-464.
48. Bo GA, Adams GP, Pierson RA, Tribulo HE, Caccia M and Mapletoft RJ. Follicular wave dynamics after stradiol-17 β treatment of heifers with or without a progestagen implant. *Theriogenology* 1994; 41: 1555-1569.
49. Ginther OJ, Kastelic JP, Knopf L. Composition and characteristics of follicular wave during the bovine oestrus cycle. *Animal Reproduction Science* 1989; 20: 187-200.

50. Short RE, Randel RD, Staigmiller RB, Bellows RA. Factors affecting estrogen-induced LH release in the cow. *Biology Reproduction* 1979; 21: 683-689.
51. Ireland JJ. Control of follicular growth and development. *Journal Reproduction Fertility Supplement* 1987; 34:39-54.
52. Hutz RJ, Diershke DJ, Wolf RC. Induction of atresia of the dominant follicle in rhesus monkeys by the local application of estradiol-17 β . *Animal Journal Primatol* 1988; 15:69-77.
53. Smith ST, Ward WR, Dobson H. Use of ultrasonography to help to predict observed oestrus in dairy cows after the administration of prostaglandin F $_2$ alpha. *Veterinary Record* 1998;142:271-274.
54. Abdullahi YR, Toshihiko N. Bovine reproductive ultrasonography: A review. *Journal Reproduction Development* 1999;45:13-28.
55. Fortune JE. Follicular dynamics during the bovine estrous cycle: A limiting factor in improvement of fertility. *Animal Reproduction Science* 1993;33:111-125.
56. García A, Van der Weijden GC, Colenbrander B, Bevers MM. Monitoring follicular development in cattle by real-time ultrasonography: a review. *Veterinary Record* 1999;18:334-340.
57. Kahn W, Ludlow W. Die anwendung der echographie zur diagnose der ovarfunktion beim rind. *Tierärztliche Umschau* 1986;41:3-12.
58. Gutiérrez AC, Zarco L, Galina CS, Rubio I, Basurto H. Predictive values of palpation per rectum for detection of the CL in zebu cattle as evaluated by progesterone concentrations and ultrasonography. *Theriogenology* 1996;46:471-479.

59. Pulido A, Zarco L, Galina CS, Murcia C, Flores G, Posadas E. Progesterone metabolism during storage of blood from Gyr cattle: Effects of anticoagulant time and temperature of incubation. *Theriogenology* 1990;35:511-521.
60. García E.- Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen, UNAM, Instituto de Geografía cap. 15. (1973).
61. Cavalieri J, Fitzpatrick LA. Oestrus detection techniques and insemination strategies in *Bos indicus* heifers synchronised with norgestomet-oestradiol. *Australian Veterinarian Journal* 1995;72:177-182.
62. Orihuela A, Galina CS, Escobar FJ, Riquelme E. Oestrus behaviour following PGF2 alpha injection in Zebu cattle under continuous observation. *Theriogenology* 1983;19:795-809.
63. Pinheiro OL, Barros CM, Figueiredo RA, do Valle ER, Encarnação RO. Desenvolvimento folicular e ovulação após aplicação de Syncro-mate B em vacas da raça Nelore. *Revista Brasileira Reproducción Animal* 1998; 22:150-156.
64. Cavalieri J, Rubio I, Kinder JE, Entwistle KW, Fitzpatrick LA. Synchronization of estrus and ovulation and associated endocrine changes in *Bos indicus* cows. *Theriogenology* 1997; 47:801-814.
65. López L, Galina CS. Progestagen-induced oestrus response in Holstein cows and its influence on the sexual behaviour of non-treated pen-mates. *Tropical Agricultural* 1998; 75:1-4.
66. Maquivar M. Conducta estral, actividad folicular y concentraciones de hormona luteinizante (LH) y progesterona (P4) en vacas Brahman posterior a un programa de sincronización. Tesis de licenciatura. UNAM-FMVZ. México 2001.

67. Medrano E, Hernández O. Observación de la conducta sexual del ganado cebú por medio de la inducción al estro utilizando un progestágeno. Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana. Veracruz 1992.
68. Wright IA, Rhind SM, Smith AJ, Whyte TK. Female-female influences on the duration of the postpartum anoestrous period in beef cows. *Animal Production* 1994; 59:49-59.
69. Kahn W, Ludlow W. Characteristics of pathological conditions of the bovine uterus and ovaries. In: Taverne MM, Willemse AH (eds.), *Diagnostic Ultrasound and Animal Reproduction*. Kluwer Academic Publishers Dordrecht; 1989; 53-65.
70. Pieterse MC, Kappen KA, Kruip TAM, Taverne MAM. Aspiration of bovine oocysts during transvaginal ultrasound scanning of ovaries. *Theriogenology* 1988; 30:751-762.
71. Cavestany D. Efecto de la eficiencia y precisión de estro en el manejo reproductivo de vacas Holstein en condiciones de pastoreo. Tesis de doctorado. UNAM-FMVZ. México 1999.
72. Kastelic JP, Knopf L, Ginther O.J. Effect of day of prostaglandin F2 treatment on selection and development of the ovulatory follicle in heifers. *Journal Animal Science* 1990; 23:169-180.
73. Ribadu AY, Dobson H, Ward WR. Ultrasound and the diagnosis and the treatment of ovarian cysts. *Cattle Practice* 1993; 1:400-413.

Cuadro 1. Horas de presentación de celo franco y activo pos retiro de implante y duración del mismo en los tres grupos experimentales

Animales sincronizados				Animales concomitantes		
N°	Animales sincronizados			N°	Animales concomitantes	
Grupo A	Celo franco (horas)	Celo activo (horas)	Duración Celo (horas)		Celo franco (horas)	Duración Celo (horas)
1				15		
2	52.5		8.5	18	52	9
3	49		12		49	9
4						
5						
6		49	9			
Promedio	50.17		9.83		50.5	9
DS	2.02		1.89		2.12	0
Grupo B	Celo franco	Duración celo		N°	Celo activo	Duración celo
7	44	8.5		3	48	7
8				5	36	6
9	48	9.5		6	41	19
10	46.5	13.5				
11						
12						
Promedio	46.17	10.5			41.67	10.66
DS	2.02	2.65			6.03	7.23
Grupo C	Celo franco	Celo activo	Duración celo	N°	Celo activo	Duración Celo
13	36.5		6.5	6	40	11
14	38		10.5	7	41	2
15	38.5		8.5	9	41	8
16	35		7.5			
17	38		6.5			
18		40	5			
Promedio	37.67		7.41		40.67	7
DS	1.72		2.68		.58	4.58
Promedio total	42.92		8.79		43.50	8.88
DS	5.92		2.39		5.48	4.88

Cuadro 2. Tiempos de ovulación postretiro implante (Grupos A, B y C)

No de animal	Grupo A		No de animal	Grupo B		No de animal	Grupo C	
	Ovulación postretiro (hrs)	Tamaño foliocular (mm)		Ovulación postretiro (hrs)	Tamaño foliocular (mm)		Ovulación postretiro (hrs)	Tamaño foliocular (mm)
1			7	64	14	13	69	11
2	84	13	8			14	58	15
3	80	12	9	83	11	15	62	14
4	168	18	10	83	11	16	48	12
5	168	18	11	120	15	17	74	10
6	132	12	12	144	11	18		
Promedio	126.40	14.83		102.33	12.33		62.2	12.4
DS	43.14	2.86		41.62	1.85		10.06	2.07
18	77	16	1	120	12	*2	144	14

* Animales no sincronizados

Cuadro 3. Tiempos de inicio de celo franco a ovulación (Grupos A, B y C)

No de animal	Grupo A	No de animal	Grupo B	No de animal	Grupo C
	Celo-ovulación (hs)		Celo-ovulación (hs)		Celo-ovulación (hs)
1		7	28	13	29
2	30	8		14	18
3	31	9	29	15	25
4		10	36	16	15
5		11		17	29
6		12		18	
Promedio	30.5		31		23.2
DS	0.71		2.65		6.42
*18	28				

* Animales no sincronizados

Cuadro 4. Determinación de cuerpos lúteos (CL) por ultrasonografía (US) y niveles de progesterona (P4) por radioinmunoanálisis (ng/ml) en el grupo A a lo largo del experimento

Vacas	-1		2		4		6		8		10		12		14		16		18	
	US	ng/ml																		
1	NO	.4	SI	2.65	SI	2.78	SI	2.55	SI	3.71	SI	.4	SI	.4	NO	.4	SI	.4	SI	.4
2	SI	6.46	SI	11.30	SI	10.11	SI	.87	NO	.4	NO	2.73	NO	.4	NO	.4	NO	.22	NO	2.00
3	SI	7.21	SI	6.45	SI	6.03	SI	3.85	SI	.20	SI	.4								
4	SI	3.27	SI	5.59	SI	5.88	SI	4.27	SI	.4	SI	.4	NO	.4	NO	.4	NO	.4	NO	.4
5	SI	6.20	NO	3.33	SI	6.36	SI	2.31	NO	.4	NO	.4	NO	.98	NO	.4	NO	.4	NO	.4
6	NO	.08	NO	3.00	SI	3.44	SI	5.21	NO	3.02	NO	.4								

Vacas	20		22		24		26		28		30		32		34		37		39		41	
	US	ng/ml																				
1	SI	.4	SI	.4	SI	.4	NO	.03	SI	2.36	SI	3.17	SI	4.81	SI	5.83	SI	.4	SI	2.66	SI	.03
2	SI	3.66	SI	2.88	SI	7.01	SI	7.74	SI	5.30	NO	.4	NO	.4	NO	.4	SI	.73	SI	1.11	SI	6.29
3	SI	2.33	SI	4.43	SI	2.56	SI	3.59	SI	2.21	SI	.4	SI	.4	SI	.4	SI	.06	SI	1.69	NO	0.87
4	NO	3.28	SI	1.74	SI	1.76	SI	2.20	SI	.4	SI	1.59	SI	4.09	NO	0.4	NO	0.4	NO	0.4	NO	2.28
5	SI	.4	SI	.4	SI	.06	SI	2.85	SI	1.48	SI	1.91	SI	.4	NO	.4	SI	.4	SI	.30	SI	8.07
6	SI	2.61	SI	4.74	SI	6.37	SI	9.33	SI	7.55	SI	.4	SI	.4	SI	.4	SI	.4	SI	.22	SI	6.93

Vacas	-1		2		4		6		8		10		16		18		20	
	US	ng/ml																
7	SI	8.41	NO	0.03	SI	10.8	SI	10.35	SI	10.23	SI	3.0	SI	.4	SI	.4	NO	1.23
8	NO	0.43	SI	2.12	SI	5.81	SI	9.37	SI	7.68	SI	6.08	SI	5.18	SI	7.37	SI	5.73
9	NO	.79	SI	3.69	SI	5.78	SI	8.34	SI	6.39	SI	7.70	SI	.4	SI	.4	NO	.4
10	NO	.69	SI	.4	SI	.4	SI	.0	SI	2.29	SI	3.72	SI	9.50	SI	.4	SI	.4
11	NO	0.4	NO	.4	SI	.10	SI	3.84	SI	5.42	SI	4.54	NO	.4	NO	.4	NO	.4
12	SI	6.22	NO	.4	NO	.4	NO	.4	SI	1.56	SI	3.80	SI	.4	NO	.4	NO	.4

Vacas	22		24		26		28		30		32		34		37		39		41	
	US	ng/ml																		
7	NO	.4	SI	2.07	SI	5.03	SI	6.05	SI	9.27	SI	10.07	SI	12.19	SI	.4	SI	.4	NO	.4
8	SI	5.68	SI	7.06	SI	4.48	SI	2.55	SI	.4	SI	.4	SI	.4	SI	.03	SI	.03	SI	5.46
9	NO	.4	NO	.4	SI	.3	SI	2.41	SI	4.26	SI	3.45	SI	3.31	SI	.4	NO	.4	NO	.4
10	SI	.4	SI	.4	SI	3.58	SI	6.07	SI	7.55	SI	9.82	SI	10.08	SI	5.52	NO	0.4	NO	0.4
11	NO	.4	NO	.4	SI	.4	SI	2.47	SI	3.23	SI	4.77	SI	8.45	SI	.4	SI	.4	SI	.4
12	NO	.4	NO	.4	NO	.07	SI	2.20	SI	2.61	SI	3.15	SI	6.46	SI	2.77	SI	.4	NO	.4

Cuadro 6. Determinación de cuerpos lúteos (CL) por ultrasonografía (US) y niveles de progesterona (P4) por radioinmunoanálisis (ng/ml) en el grupo C a lo largo del experimento

Vacas	10		16		18		20		22		24		26	
	US	ng/ml												
13	SI	6.99	SI	.4	SI	.4	NO	.4	SI	.4	NO	.4	NO	.4
14	SI	6.12	SI	5.27	SI	1.37	SI	.4	NO	.4	NO	.4	NO	.4
15	SI	0.07	SI	.4	SI	.4	NO	.4	SI	.4	NO	.4	NO	.4
16	SI	.4	SI	.4	SI	.4	NO	.4	NO	.4	NO	.4	NO	.4
17	SI	8.03	SI	6.91	SI	.4	SI	.4	NO	.4	NO	.4	NO	.4
18	NO	.4	SI	.10	SI	1.19	SI	3.79	SI	1.75	SI	.4	SI	.4

Vacas	28		30		32		34		37		39		41	
	US	ng/ml												
13	NO	.4	NO	.4	NO	1.27	SI	4.26	SI	4.96	SI	1.12	SI	6.24
14	NO	.4	NO	.4	SI	.4	SI	1.92	SI	.01	SI	2.21	SI	10.85
15	NO	.4	NO	.4	NO	.4	SI	1.84	SI	.4	SI	.03	SI	9.62
16	NO	.4	SI	.4	NO	2.03	SI	3.81	SI	4.29	SI	4.37	SI	7.75
17	NO	.4	NO	.4	NO	.4	NO	.22	SI	.01	SI	.10	SI	1.3
18	NO	.4	NO	.4	NO	.4	NO	.4	SI	.4	SI	.4	SI	4.25

US+ P4-	Ultrasonido positivo, niveles de progesterona negativos
US- P4+	Ultrasonido negativo, niveles de progesterona positivos

Cuadro 7.- Actividad folicular en los tres grupos bajo la influencia del implante
Días de evaluación ultrasonográfica

Vacas	2	4	6	8	10	11	14	16	18	20	22	24	26
1	fol CL	fol CL	fol CL	CL	fol CL	fol CL	fol FOL	fol CL	fol CL	fol CL	FOL CL	fol CL	fol
2	fol CL	CL	fol CL	fol	fol CL	fol FOL	fol	fol	fol	fol FOL CL	fol FOL CL	fol FOL CL	fol CL
3	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol FOL CL	fol CL	fol CL	fol FOL CL	fol FOL CL	fol CL	fol CL	fol CL
4	fol FOL CL	fol CL	fol CL	fol CL	CL	fol	fol FOL	fol	fol	fol FOL	fol CL	fol CL	fol CL
5	fol	fol CL	fol CL	fol	fol	fol	fol	fol	fol	fol CL	FOL CL	FOL CL	fol FOL CL
6	fol FOL	FOL CL	FOL CL	fol	fol	fol	fol FOL	fol	fol	fol CL	fol FOL CL	fol CL	fol CL
7	fol	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	FOL CL	FOL	fol	fol CL	fol FOL
8	fol FOL CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	CL	CL	fol CL	fol FOL
9	fol FOL CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol FOL	fol	fol	fol CL
10	FOL CL	fol CL	fol FOL CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol FOL CL	fol CL	fol CL	fol CL
11	fol	fol CL	fol CL	fol CL	fol FOL CL	fol CL	fol CL	fol	fol	fol FOL	FOL	fol	fol CL
12	fol	fol	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol	fol FOL	fol	fol
13			FOL CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol FOL CL	fol FOL	FOL CL	fol FOL	fol FOL
14	fol	fol	CL	fol	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol	fol	fol FOL
15	fol	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol	fol CL	fol	fol
16					fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	FOL	fol	fol	fol FOL
17	fol	fol FOL CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol FOL CL	fol CL	fol FOL	fol FOL	fol
18	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol	fol FOL	fol	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL	fol CL

CL	Cuerpo lúteo
FOL	Foliculos mayores o iguales a 10 mm
fol	Foliculos menores de 10 mm
	Implante

Fig 2. Tipos de celo o ausencia de este y su relación con la ovulación en los tres grupos experimentales

No de animal	Grupo "A"		Grupo "B"		Grupo "C"
1*		1	Ovuló	1	
2*	Ovuló	2		2	Ovuló
3*	Ovuló	3		3	
4*	Ovuló	4		4	
5*	Ovuló	5		5	
6*	Ovuló	6		6	
7		7*	Ovuló	7	
8		8*		8	
9		9*	Ovuló	9	
10		10*	Ovuló	10	
11		11*	Ovuló	11	
12		12*	Ovuló	12	
13		13		13*	Ovuló
14		14		14*	Ovuló
15		15		15*	Ovuló
16		16		16*	Ovuló
17		17		17*	Ovuló
18	Ovuló	18		18*	

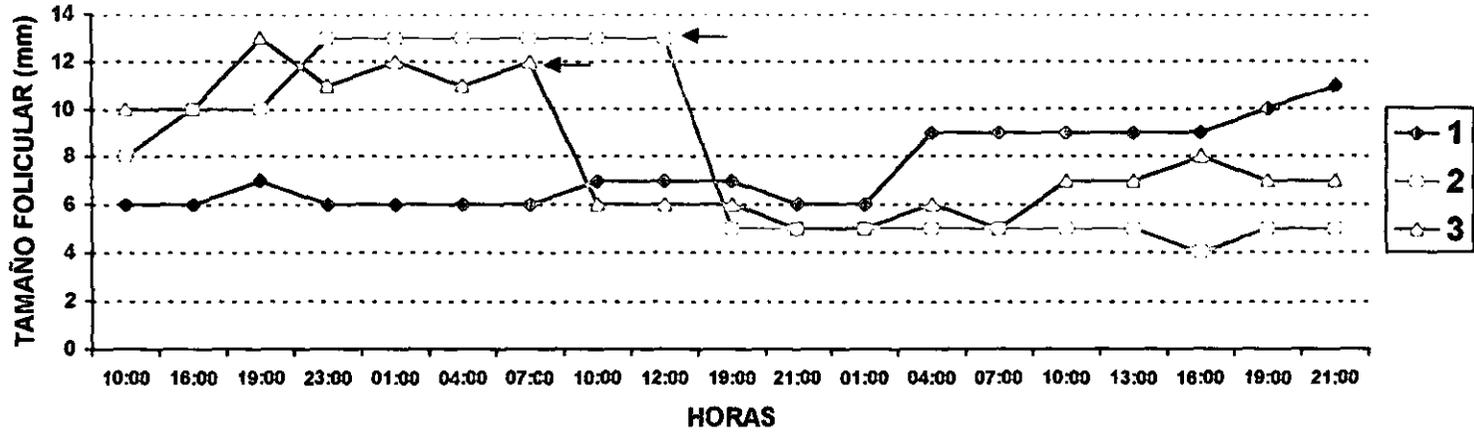
*	Grupo sincronizado
	Celo franco
	Celo activo
	No celo

FIG. 3. Sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y negativo

		R.I.A		
		+	-	
Ultrasonido	+	a 137	b 85	222
	-	c 11	d 91	102
		148	176	324

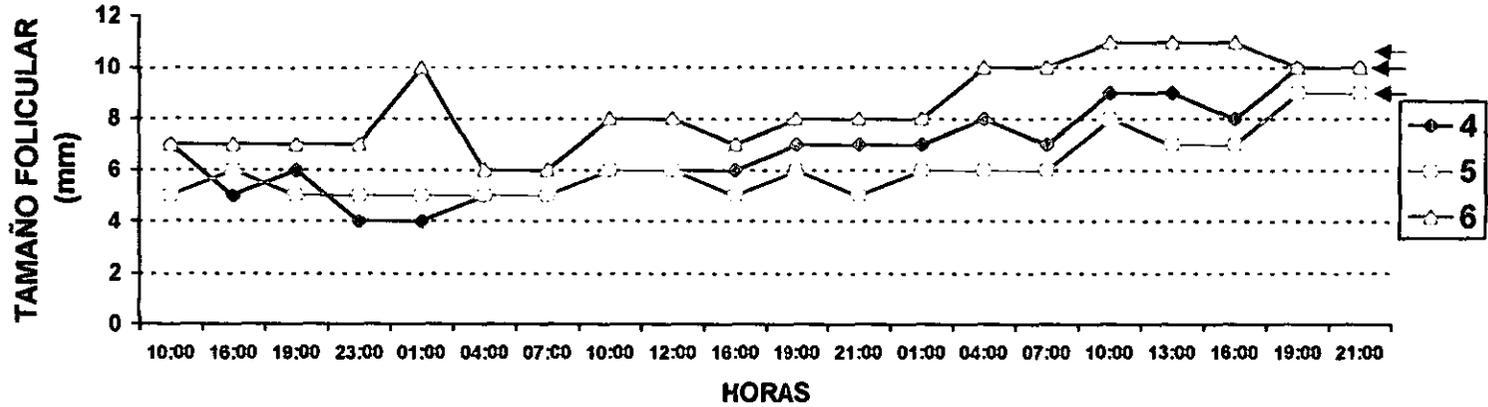
Sensibilidad	$a / a+c$	137 / 148	=	92.56%
Especificidad	$d / b+d$	91 / 176	=	51.70%
Valor predictivo (Vp) +	$a / a+b$	137 / 222	=	61.71%
Valor predictivo (Vp) -	$c / c+d$	11 / 102	=	11.78%

Gráfica 1. Ultrasonido intensivo en el grupo A



Las flechas indican ovulación

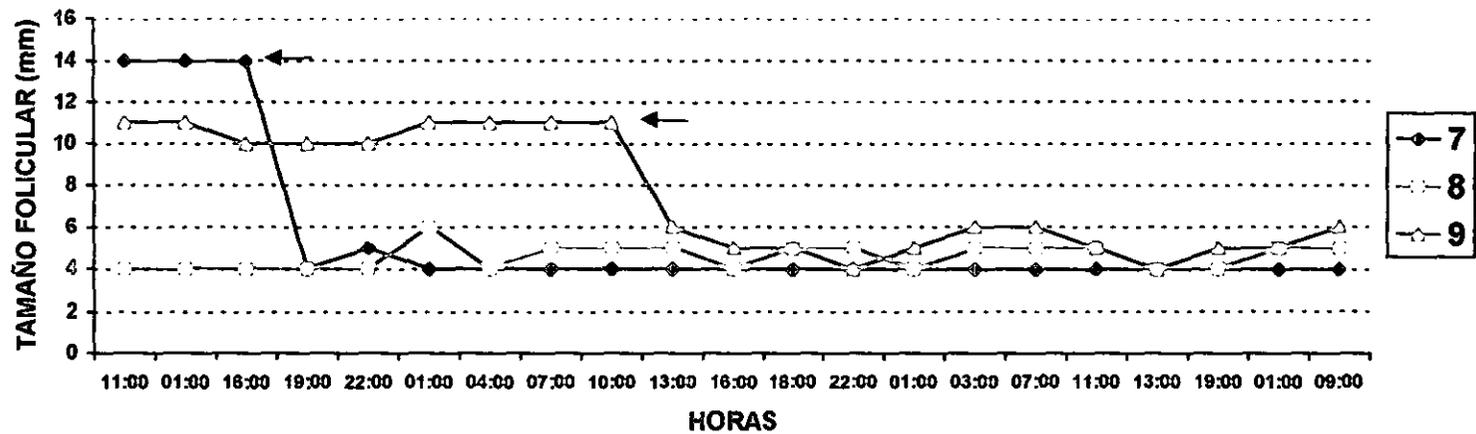
Gráfico 2. Ultrasonido intensivo en el grupo A



Las flechas indican ovulación

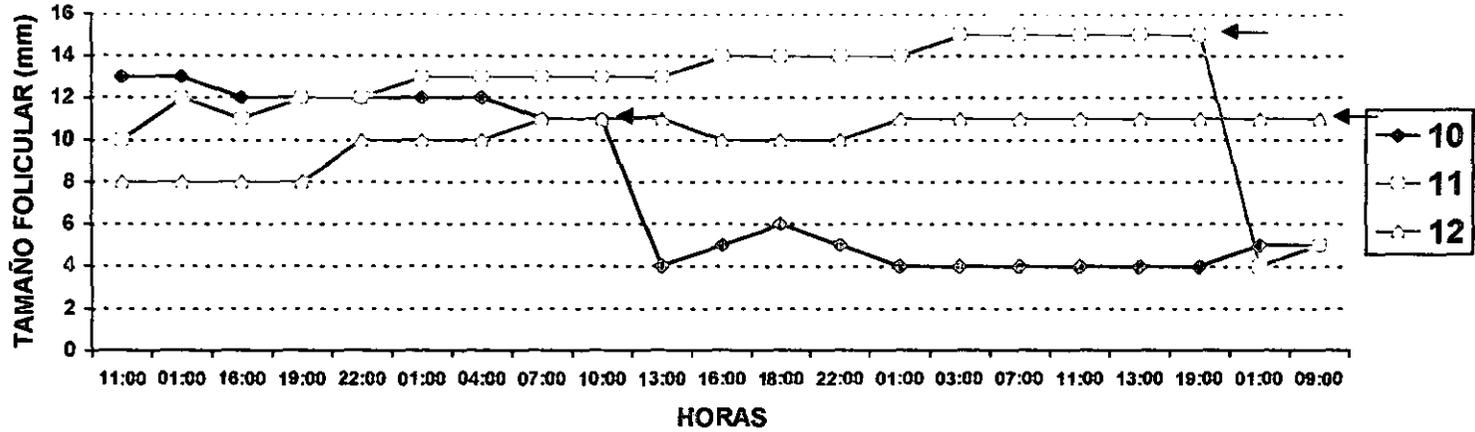
ESTA TESIS NO ESTÁ
DE LA BIBLIOTECA

Gráfica 3. Ultrasonido intensivo en el grupo B



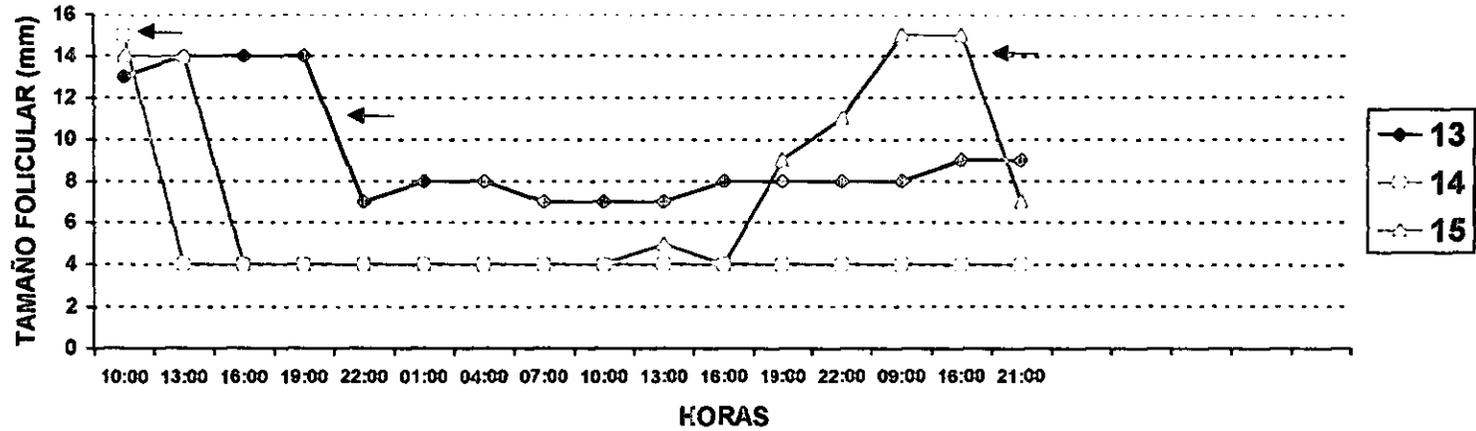
Las flechas indican ovulación

Gráfica 4. Ultrasonido intensivo en el grupo B



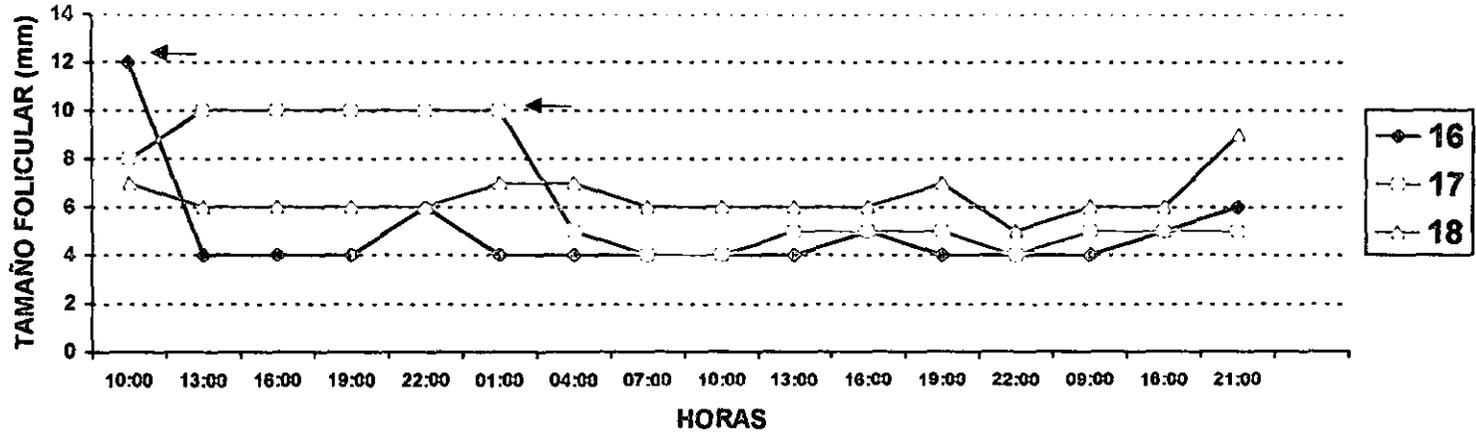
Las flechas indican ovulación

Gráfica 5. Ultrasonido intensivo en el grupo C



Las flechas indican ovulación

Gráfica 6. Ultrasonido intensivo en el grupo C



Las flechas indican ovulación