

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA

Y ZOOTECNIA

**COMPARACIÓN DE DOS MÉTODOS DE SINCRONIZACIÓN DEL
ESTRO EN GANADO CEBÚ (*Bos indicus*) Y EVALUACIÓN DE LA
FERTILIDAD OBTENIDA CON CADA UNO DE ELLOS AL
INSEMINAR A ESTRO DETECTADO O A TIEMPO FIJO**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

MEDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

PRESENTA

SUSANA FLORES VILLALVA

Asesores:

MVZ PhD. Ángel Rosendo Pulido Albores

MVZ PhD. Ivette Rubio Gutiérrez

MVZ PhD. Luis Alberto Zarco Quintero

México, D.F.

2007



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.

DEDICATORIAS

A mis Padres y Hermano:

*Porque gracias a su apoyo y comprensión,
he llegado a realizar una de mis más grandes metas.
La cual es la herencia más valiosa que pudiera recibir.
Deseo de todo corazón, que mi título profesional lo sientan como suyo.*

Y a ti corazón.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación de tesis fue financiada por la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, a través de su Centro de Enseñanza, Investigación, y Extensión en Ganadería Tropical. Por lo que agradezco a las autoridades de este Centro su apoyo para realizarla.

Agradezco al Departamento de Reproducción de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, en especial al Dr. Luís Zarco, por las facilidades recibidas en la realización de los análisis de radioinmunoensayo, por su asesoría y apoyo.

A mis asesores, la Dra. Ivette Rubio y muy en especial al Dr. Ángel Pulido, por su orientación, apoyo y por el tiempo dedicado a mi preparación pero sobre todo por su amistad.

A los señores Javier Juárez, Javier Jiménez y Artemio Vargas, personal del Módulo de Producción de Vaquillas F1 (Ho x C), por su apoyo y colaboración.

A mis familiares y amig@s, quienes siempre me han demostrado su cariño y confianza.

CONTENIDO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | RESUMEN..... | 1 |
| 2 | INTRODUCCIÓN..... | 4 |
| 3 | REVISIÓN DE LITERATURA..... | 7 |
| 3.1 | EL GANADO CEBÚ..... | 7 |
| 3.2 | SINCRONIZACIÓN DEL ESTRO..... | 8 |
| 3.2.1 | <i>Métodos de sincronización del estro.....</i> | <i>10</i> |
| 3.2.2 | <i>Tratamientos con prostaglandina F_{2α}.....</i> | <i>10</i> |
| 3.2.3 | <i>Tratamientos con progesterona.....</i> | <i>12</i> |
| 3.2.4 | <i>Tratamientos con progesterona y estradiol.....</i> | <i>13</i> |
| 3.3 | IMPORTANCIA DE LA SINCRONIZACIÓN DEL ESTRO EN GANADO CEBÚ..... | 15 |
| 3.3.1 | <i>Tasas de sincronización en el ganado cebú.....</i> | <i>16</i> |
| 3.3.2 | <i>Tasas de concepción en el ganado cebú.....</i> | <i>17</i> |
| 3.4 | IMPORTANCIA DE LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL..... | 19 |
| 3.5 | ULTRASONOGRAFÍA..... | 20 |
| 3.6 | RADIOINMUNOANÁLISIS EN FASE SÓLIDA..... | 21 |
| 4 | HIPÓTESIS..... | 23 |
| 5 | OBJETIVOS..... | 23 |
| 5.1 | OBJETIVO GENERAL..... | 23 |
| 5.2 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 23 |
| 6 | MATERIAL Y MÉTODOS..... | 24 |
| 6.1 | LOCALIZACIÓN..... | 24 |
| 6.2 | ANIMALES EXPERIMENTALES..... | 24 |
| 6.3 | METODOLOGÍA..... | 25 |
| 6.3.1 | <i>Fase 1.....</i> | <i>25</i> |
| 6.3.2 | <i>Fase 2.....</i> | <i>27</i> |
| 6.4 | ANÁLISIS ESTADÍSTICO..... | 29 |
| 7 | RESULTADOS..... | 30 |
| 7.1 | FASE 1..... | 30 |
| 7.1.1 | <i>Sincronización del estro.....</i> | <i>30</i> |
| 7.1.2 | <i>Tasa de concepción.....</i> | <i>32</i> |
| 7.1.3 | <i>Resultados de la ultrasonografía y análisis de progesterona.....</i> | <i>32</i> |
| 7.1.3.1 | <i>Vacas con cuerpo lúteo a la inserción y retiro del dispositivo intravaginal.....</i> | <i>34</i> |
| 7.1.3.2 | <i>Vacas con cuerpo lúteo a la inserción, pero sin cuerpo lúteo al retiro del dispositivo.....</i> | <i>35</i> |
| 7.1.3.3 | <i>Vacas sin cuerpo lúteo a la inserción y retiro del dispositivo.....</i> | <i>35</i> |
| 7.1.4 | <i>Radioinmunoanálisis.....</i> | <i>37</i> |
| 7.2 | FASE 2..... | 39 |
| 7.2.1 | <i>Sincronización del estro.....</i> | <i>39</i> |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| | <i>7.2.2 Tasa de concepción</i> | 41 |
| 8 | DISCUSIÓN | 42 |
| 9 | CONCLUSIONES | 48 |
| 10 | ANEXOS | 49 |
| 11 | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 59 |

1 RESUMEN.

FLORES VILLALVA SUSANA. Comparación de dos métodos de sincronización del estro en ganado cebú (*Bos indicus*) y evaluación de la fertilidad obtenida con cada uno de ellos al inseminar a estro detectado o a tiempo fijo. (Bajo la dirección del PhD. Ángel R. Pulido Albores, PhD. Ivette Rubio Gutiérrez, PhD. Luis A. Zarco Quintero).

El objetivo de la presente investigación fue comparar dos métodos de sincronización del estro en ganado cebú (*Bos indicus*) y evaluar la fertilidad obtenida con cada uno de ellos, al inseminar a estro detectado o a tiempo fijo. Se utilizaron 89 vacas cebú de las razas Brahman, Gyr, Sardo Negro e Indobrasil. El experimento se realizó en dos fases. En la fase 1 se utilizaron 69 hembras vacías, en la fase 2 se utilizaron 38 vacas que quedaron vacías en la fase 1 más 20 vacas con más de 60 días posparto. En ambas fases los animales fueron distribuidos aleatoriamente entre los dos tratamientos utilizados. El tratamiento 1 consistió en la colocación de un dispositivo intravaginal liberador de progesterona (CIDR®) durante 8 días, combinado con la inyección de 2 mg de cipionato de estradiol (ECP®) al momento de la colocación del dispositivo. En el tratamiento 2 se colocó el CIDR® también durante 8 días, pero se combinó con la administración de 25 mg de PGF_{2α} (Lutalyse®) al momento del retiro del dispositivo. Los animales fueron observados de manera continua durante 100 horas a partir del retiro del dispositivo. Se consideró que una vaca estaba en estro cuando se dejaba montar por otra vaca y cuando el parche *Estrus Alert*® cambiaba a color rojo. En la primera fase del experimento la inseminación artificial se realizó 12 horas después de detectado el estro. En la fase 2 las vacas fueron inseminadas a tiempo fijo a las 48 y 72 horas post-retiro del CIDR®. En la fase 1

se realizó un estudio ultrasonográfico a la inserción y retiro del dispositivo. Se obtuvieron muestras de sangre para determinar los niveles de progesterona en suero el día 0 del tratamiento y a los 2, 4, 14 y 21 días después del retiro del dispositivo. El diagnóstico de gestación se realizó por ultrasonografía a los 30 días post-inseminación artificial.

La tasa de sincronización del estro en la fase 1 fue del 73% (50/69) siendo similar entre los tratamientos 1 y 2 (77% vs. 67%; $p>0.05$). El intervalo promedio entre el retiro del dispositivo y la presentación del estro fue significativamente más corto ($p<0.05$) en el tratamiento 1 (54.8 ± 2.1 h) que en el tratamiento 2 (72.6 ± 4.8 h). La tasa de concepción fue similar entre los tratamientos 1 y 2 (30% vs. 48%; $p>0.05$),

En la fase 2 el 39% (11/28) y el 33% (10/30) de las vacas del tratamiento 1 y 2, respectivamente, presentaron estro durante las primeras 72 horas post-retiro del dispositivo ($p>0.05$). Sin embargo, 18% (5/28) y 43% (13/30) de las vacas del tratamiento 1 y 2, respectivamente, presentaron estro después del período de inseminación artificial a tiempo fijo, encontrándose diferencia estadística entre tratamientos ($p<0.05$). La tasa de concepción fue de 18% (5/28) para el tratamiento 1 y de 23% (7/30) para el tratamiento 2 ($p>0.05$). Al agrupar ambos métodos de sincronización se observa que la fertilidad obtenida al inseminar a estro detectado (38%), fue significativamente mayor ($p<0.05$) que la obtenida al inseminar a tiempo fijo.

Se concluye que la administración de 2 mg de cipionato de estradiol al inicio de un tratamiento con un dispositivo intravaginal liberador de progesterona

provoca un mayor agrupamiento de estros que el obtenido con la combinación del dispositivo con prostaglandina $F_{2\alpha}$. En el presente trabajo no se encontraron diferencias significativas en la fertilidad obtenida con ambos tratamientos, aunque estos resultados deben ser tomados con precaución ya que existió una diferencia numérica que deberá ser corroborada utilizando un mayor número de animales. Independientemente del método de sincronización, se obtuvo mejor fertilidad al inseminar a estro detectado que al inseminar a tiempo fijo.

2 INTRODUCCIÓN.

En México el 26.2% del territorio nacional corresponde a áreas tropicales en donde pastorean aproximadamente el 40% de los bovinos del inventario nacional, los cuales producen el 28% de la carne y el 39% de la leche que se consume en México [1]. En estas regiones predomina el ganado *Bos indicus* debido a su gran adaptación a las altas temperaturas, humedad y a los ectoparásitos comunes de las zonas tropicales. Sin embargo, los parámetros productivos y reproductivos del ganado cebú son bajos [2].

El 64% de los productores de las regiones tropicales manejan a sus animales bajo el sistema de Doble Propósito, utilizando fundamentalmente animales cruzados con una fuerte influencia de razas cebuinas [3]. En este sistema las vacas son ordeñadas con el becerro al pie, y el destete generalmente coincide con el final de la lactación. La crianza de becerros es de vital importancia, pues de ahí se obtienen tanto becerros destetados para la engorda como los reemplazos de la explotación [4]. Una limitante de éste tipo de sistemas es que la permanencia del becerro con la madre favorece la presentación del anestro posparto, el cual puede durar hasta 250 días, lo que determina en un 72% la duración del intervalo parto-concepción y causa el 57% de los problemas reproductivos, por lo que el anestro posparto se considera como el principal factor que incrementa el intervalo entre partos [3, 5].

Actualmente, la situación económica mundial exige el uso de prácticas de manejo eficientes para incrementar la rentabilidad de los hatos ganaderos. Una buena comprensión del ciclo estral bovino puede aumentar la eficiencia en el

manejo reproductivo del rancho y en consecuencia la rentabilidad del mismo. Es por eso que el uso de herramientas reproductivas ha llegado a ser sumamente importante, sobre todo en regiones del trópico y subtrópico, donde la inseminación artificial representa una alternativa para acelerar el avance genético al introducir genes de animales *Bos taurus* que permiten mejorar la producción de leche o de carne en ganado de tipo Cebú. Sin embargo la variación en la respuesta a los tratamientos hormonales y la pobre detección del estro limitan la aplicación y difusión de estas tecnologías [6-8].

Los protocolos de sincronización del estro son una herramienta reproductiva que permiten establecer un control en la reproducción al situar a un número determinado de hembras en una misma etapa de su ciclo estral, facilitando así la inseminación artificial [9, 10].

Hay dos métodos generales para controlar el ciclo estral en los bovinos, uno de ellos consiste en imitar o simular una prolongación de la vida media del cuerpo lúteo a través de la administración de progesterona o sus análogos sintéticos, y el otro consiste en provocar la lisis del cuerpo lúteo, acortando la fase lútea mediante el uso de sustancias luteolíticas como la prostaglandina $F_{2\alpha}$ [11, 12].

Algunos protocolos de control del ciclo estral tienen la capacidad de inducir al estro a aquellas vacas que se encuentran en anestro, además de sincronizar la ovulación tanto de las vacas que están en anestro como de las que se encuentran ciclando. Esto ha conducido al desarrollo de protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo, lo que permite que las vacas sean inseminadas sin necesidad de una previa detección de calores [13]. Sin embargo, los índices de fertilidad cuando se

insemina a tiempo fijo son generalmente inferiores a los alcanzados por la inseminación artificial a calor detectado [14, 15].

Actualmente el uso de dispositivos intravaginales liberadores de progesterona, combinados con la administración de estrógenos, es uno de los tratamientos más populares en ganado productor de leche y carne [6]. Algunos autores han sugerido que los estrógenos se pueden utilizar para inducir la regresión del cuerpo lúteo, ya que se postula que son luteolíticos en etapas tempranas del ciclo estral, y que además causan la atresia del folículo dominante, sincronizando la aparición de una nueva onda folicular [10, 16, 17]. Sin embargo, también se ha postulado que los estrógenos pueden provocar la aparición de estros anovulatorios y la asincronía entre el estro y la ovulación, lo que puede resultar en reducciones en la fertilidad [12]. El objetivo de este trabajo es comparar el grado de sincronización estral obtenido al aplicar 2 mg de cipionato de estradiol al momento de la inserción de un dispositivo intravaginal contra el obtenido al aplicar 25 mg de prostaglandina $F_{2\alpha}$ al momento del retiro de dicho dispositivo. También se evaluará la fertilidad obtenida con cada método al inseminar a tiempo fijo o a estro detectado.

3 REVISIÓN DE LITERATURA.

3.1 *El ganado cebú.*

Las razas bovinas más populares en áreas tropicales en México pertenecen a la especie *Bos indicus* debido a su gran adaptación a las altas temperaturas, humedad y ectoparásitos comunes de las zonas tropicales. Sin embargo, los parámetros productivos y reproductivos de éste tipo de animales son bajos [18], con producciones de 700 Kg. en 170 días de lactancia [1, 18], edad avanzada al primer parto (34.7 ± 4.4 meses), períodos interpartos muy prolongados (447 ± 57.8 días) y un reducido número de partos en la vida productiva (3.4 ± 1.1) [19].

Idealmente, en el ganado bovino se busca tener un intervalo entre partos de 12-13 meses, para lo cual las vacas deben de quedar gestantes entre 90 y 120 días después de parir. Sin embargo, las vacas en el trópico presentan una gran incidencia de anestro posparto, lo que incrementa la duración del intervalo parto - concepción hasta 500 días [2, 12].

Esta pobre eficiencia reproductiva puede explicarse en parte por inadecuadas prácticas de manejo, ya que los sistemas de producción en el trópico se caracterizan por ser de bajos insumos y tener un escaso uso de tecnología [1].

Se han publicado numerosas investigaciones sobre el control del ciclo estral en el ganado *Bos taurus*, sin embargo, existen diferencias fisiológicas y de comportamiento entre el ganado *Bos indicus* y *Bos taurus*, por lo que no es adecuado extrapolar información que se tiene del ganado europeo al ganado cebú, ya que son especies diferentes y presentan respuestas distintas [12].

En el ganado *Bos indicus* el estro tiene una duración de 4 a 14 horas, dependiendo de la raza y época del año, y existe una fuerte tendencia a expresar el estro durante la noche [20]. Cuando una vaca está en estro es montada en promedio 12 veces por otras vacas. Si cada monta dura en promedio 5 segundos entonces el tiempo total durante el cual la vaca esta mostrando estro es de un minuto aproximadamente [21]. Además, el orden social del hato afecta la manifestación del estro en animales con baja jerarquía y puede enmascarar la presentación e intensidad de los signos de estro. Estos factores dificultan la detección de calores en el ganado cebú, teniendo como consecuencia una baja eficiencia reproductiva [15].

3.2 Sincronización del estro.

La sincronización del estro en el ganado bovino constituye una medida de manejo de gran importancia económica, ya que permite establecer un control en la reproducción al situar simultáneamente a un número determinado de hembras en una misma etapa de su ciclo estral, facilitando así la inseminación artificial [9, 10].

Los protocolos de sincronización ofrecen ciertas ventajas como concentrar la detección de calores en un tiempo determinado, disminuyendo así el tiempo requerido para esta tarea, y el costo asociado. Igualmente se puede tener un mayor número de vacas gestantes en un período corto de tiempo, lo que permite programar la temporada de partos para que ésta ocurra cuando haya una mayor disponibilidad de alimento, optimizando de esta forma la mano de obra para el cuidado de las madres y crías. Además, algunos protocolos usados para la sincronización también pueden inducir al estro a aquellas vacas que se

encuentren en anestro, disminuyendo de este modo el intervalo parto concepción [9, 13].

Algunas desventajas de los protocolos de sincronización son el costo del tratamiento y el manejo de los animales, además de que no todos los animales mostrarán signos de estro [10].

Por otra parte, para que un protocolo de sincronización tenga éxito se deben de tomar en cuenta ciertos factores, como los objetivos del productor y la facilidad de aplicación del tratamiento. También se debe tomar en cuenta la época del año, ya que las condiciones ambientales pueden afectar la conducta de los animales y a su vez, la habilidad para detectar a las vacas en estro. De igual forma se debe considerar características propias de los animales, como la edad y el estado nutricional, ya que animales con condición corporal menor de 2 en una escala del 1 al 5 tienen una menor respuesta y fertilidad a los tratamientos de sincronización. Igualmente hay que considerar el estado reproductivo, genotipo y el temperamento de los animales. Por último, un factor sumamente importante en el éxito de un protocolo de sincronización es la habilidad del personal en la detección de calores [10, 22].

3.2.1 Métodos de sincronización del estro.

En general hay dos métodos para controlar el ciclo estral en el ganado bovino.

- ✓ Uno de ellos consiste en simular una prolongación de la vida del cuerpo lúteo, mediante la administración de progesterona o sus análogos sintéticos.
- ✓ El segundo método se basa en provocar la destrucción del cuerpo lúteo mediante la administración de sustancias luteolíticas como la prostaglandina $F_{2\alpha}$ [11, 12].

Con ambos métodos se produce una cierta variabilidad en el inicio de la manifestación de signos de estro. En el caso de la progesterona la variabilidad se debe a una variación en el desarrollo folicular cuando los niveles hormonales declinan al retirarse el implante y en el caso de las prostaglandinas, la homogenización en la presentación del estro dependerá de la presencia de un cuerpo lúteo funcional al momento de provocarse la luteólisis [23].

3.2.2 Tratamientos con prostaglandina $F_{2\alpha}$.

El uso de la prostaglandina $F_{2\alpha}$ es uno de los tratamientos más comunes para la sincronización del estro en el ganado bovino. El tratamiento con prostaglandinas tiene la desventaja de que no siempre los animales inician actividad ovárica y presentan estro en un tiempo predecible después del tratamiento. El efecto de la prostaglandina $F_{2\alpha}$ es dependiente de la etapa del ciclo estral en la cual es administrada, teniendo escasa efectividad cuando se

administra durante los primeros 5 o 6 días después del estro [24, 25], ya que durante este tiempo se está formando un cuerpo lúteo que aún no tiene receptores funcionales para la prostaglandina.

El día del diestro en que la prostaglandina $F_{2\alpha}$ es inyectada afecta el porcentaje de estros y el intervalo entre la finalización del tratamiento y el inicio del estro. Debido a las ondas de crecimiento folicular, si una vaca tiene un folículo de 10 mm de diámetro tarda menos tiempo (48-72 horas) en presentar el estro, a diferencia de una vaca que tiene folículos menores de 5 mm (> 72 horas) [25, 26]. Esto limita la inseminación artificial a tiempo fijo, ya que para obtener porcentajes de preñez aceptables es necesario regular la fase lútea y folicular [24].

La $PGF_{2\alpha}$ utilizada por si sola es inefectiva en hembras en anestro, ya que su acción es exclusivamente sobre el cuerpo lúteo y no estimula el desarrollo folicular [27]. En la actualidad existen diversos protocolos que permiten regular el desarrollo folicular, como por ejemplo los métodos llamados *Select Synch* o *CO-Synch*, los cuales pueden ser combinados con el uso de progesterona [28]. Estos métodos se basan en el uso de GnRH. En ambos sistemas se coloca un dispositivo intravaginal liberador de progesterona por 7 días, en el día 0 del tratamiento se administra GnRH, y en el día 7 prostaglandina $F_{2\alpha}$, en el caso del sistema *Select Synch* se realiza la detección de calores e inseminación artificial del día 7 al día 10; las hembras que no se hayan mostrado signos de estro 84 horas después de la inyección de prostaglandina $F_{2\alpha}$, se les administra GnRH y se insemina. Y en el caso del sistema *CO-Synch* la inseminación artificial y la

administración de GnRH se realiza 60 ± 6 horas después de la administración de prostaglandina $F_{2\alpha}$ [28].

3.2.3 Tratamientos con progesterona.

Los progestágenos constituyen un grupo de hormonas esteroides que se caracterizan por ser liposolubles, termoestables y que además no se inactivan por vía digestiva, lo que permite administrarlos por vía oral, a través de la mucosa vaginal o en implantes subcutáneos de liberación prolongada [26].

Desde la década de los años 40 se descubrió que con la aplicación diaria de progesterona es posible suprimir el estro y la ovulación en vaquillas durante el tiempo de su administración, y que los animales muestran estro 5 a 6 días después de retirar el tratamiento [29].

La progesterona y los progestágenos sintéticos suprimen el estro y la ovulación 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 e impidiendo que algún folículo complete su desarrollo y ovule [24, 29]. Sin embargo, en muchos casos las concentraciones plasmáticas del progestágeno utilizado alteran la secreción de GnRH de forma tal que se altera la dinámica folicular, por lo que el folículo dominante que se encuentra presente al inicio del tratamiento persiste hasta el final del mismo, por lo que termina ovulándose un folículo viejo, lo que resulta en porcentajes bajos de gestación [12, 15, 24].

Los progestágenos sintéticos más utilizados en bovinos son el acetato de melengestrol (MGA), acetato de fluorogestona (FGA) y el Norgestomet [26]. Otra herramienta es el uso de los dispositivos intravaginales liberadores de progesterona natural. Tal es el caso del CIDR®, cuyo uso fue aprobado en el 2002 en los Estados Unidos de Norteamérica para la sincronización en vaquillas de carne, y en julio del 2003 para su uso en vacas lecheras. Este dispositivo contiene 1.9 g de progesterona natural, tiene forma de “T” y sus dos alas se pliegan para facilitar su colocación; una vez insertado toma su forma original para ejercer presión en las paredes vaginales [13].

3.2.4 Tratamientos con progesterona y estradiol.

Varios protocolos de sincronización incluyen el uso de estrógenos exógenos, como son el valerato de estradiol, benzoato de estradiol, 17-β estradiol y cipionato de estradiol [16].

La combinación de estradiol con progestágenos comenzó a utilizarse desde hace 3 décadas, cuando se encontró que la duración del tratamiento con progesterona podía ser acortado a 9 días cuando se inyectaban estrógenos al momento de iniciar el tratamiento con progestágenos, ya que el estradiol es capaz de inducir la regresión del cuerpo lúteo cuando se administra en una etapa temprana del ciclo estral. Recientemente se ha observado que además los estrógenos causan atresia del folículo dominante, lo que reduce el problema de folículos persistentes al sincronizar el crecimiento de una nueva onda folicular [6, 10, 16, 30].

Este efecto luteolítico de los estrógenos es importante, porque la utilización de progestágenos por sí solos durante periodos menores a 12 días resulta en la presencia de vacas en las que aún existe un cuerpo lúteo al retirar el progestágeno, lo que interfiere con la eficiencia de la sincronización. Por ésta razón se debe aplicar un agente luteolítico al inicio o al final del tratamiento con progestágenos, lo que permite tener un buen control del estro y mejores índices de concepción sin necesidad de administrar el progestágeno por más de 9 días [29].

Lammoglia *et al* [31], mencionan que una simple inyección de 17- β estradiol en el período posparto puede acelerar el inicio del estro y la ovulación, pero reduce la tasa de concepción. Sin embargo, cuando la inyección se aplica en vacas y vaquillas 24 a 72 horas después de retirar un tratamiento de 9-14 días de progesterona, se logra sincronizar el comportamiento estral y la ovulación sin reducir las tasas de preñez.

En la actualidad el uso de dispositivos intravaginales con progesterona y benzoato de estradiol es uno de los tratamientos más populares para el uso de la Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF). El tratamiento es muy similar tanto en ganado cebú como en ganado europeo; y consiste en administrar una dosis de 2 mg de benzoato de estradiol en vacas, ó 1 mg en vaquillas, al momento de insertar el dispositivo (Día 0). Posteriormente se acostumbra aplicar prostaglandina $F_{2\alpha}$ al momento del retiro (día 7-8), y 1mg de benzoato de estradiol 24 horas después. La inseminación artificial se realiza a las 52-56 horas después del retiro del dispositivo [6].

Colazo *et al* [32] al estudiar y comparar los efectos del cipionato de estradiol, benzoato de estradiol y 17- β estradiol sobre la dinámica folicular, el tiempo de ovulación y la tasa de preñez, obtuvo el 69% de preñez, mencionando que aunque el cipionato de estradiol es menos efectivo para sincronizar la onda folicular, la tasa de concepción es aceptable.

3.3 Importancia de la sincronización del estro en ganado cebú.

En el trópico de México el sistema de producción que predomina es el de doble propósito. En este sistema la alimentación de los bovinos se basa en el pastoreo, y se caracteriza por ser de bajos insumos y tener un escaso uso de tecnología. Las cruzas que predominan en la ganadería de doble propósito son las de Pardo Suizo con Cebú, Hostein por Cebú y Simmental por Cebú, esta última por su buena producción de carne [1, 3]. Sin embargo, varios factores limitan el desarrollo de este sistema de producción, como el tradicionalismo en los esquemas de producción, bajo potencial productivo del ganado, escasa adopción de tecnología y el desconocimiento por parte del productor [1].

La eficiencia reproductiva es el factor más relacionado con la productividad de las explotaciones. Una buena comprensión del ciclo estral bovino puede aumentar la eficiencia en el manejo reproductivo del rancho y en consecuencia la rentabilidad del mismo [7]. Además, los requerimientos de la población humana por productos de origen animal, cada vez son mayores, por lo que es necesario hacer más eficientes los sistemas de producción. Es por esto que se han desarrollado técnicas como la sincronización del estro y la ovulación, la

inseminación artificial y la transferencia de embriones con la finalidad de incrementar la eficiencia reproductiva y la calidad genética de los animales [6].

A pesar de la gran cantidad de trabajos que se han publicado sobre la inducción y sincronización del estro, existe escasa información disponible sobre el empleo de estas sustancias en ganado *Bos indicus*. Además, no es adecuado extrapolar información que se tiene del ganado europeo al ganado cebú, ya que son especies diferentes y tienen respuestas distintas a los tratamientos [12].

3.3.1 Tasas de sincronización en el ganado cebú.

Una de las ventajas de la sincronización del estro es disminuir el tiempo requerido para la detección de calores, maximizando el tiempo y mano de obra empleados [9, 10]. La eficiencia en la detección de calores se puede definir como el porcentaje de vacas en estro que son detectadas en calor, el cual depende del tiempo dedicado a la detección estros, el horario en que se realiza la detección, el conocimiento de los signos de estro, las características físicas del área de detección y a la motivación del personal [21].

Algunos de los estudios que se han realizado en ganado cebú y que emplean el uso de progestágenos y estradiol se muestran en el Cuadro 1 (Pág. 19). Se pueden observar las diferentes tasas de sincronización y concepción que se obtienen al aplicar diferentes protocolos de sincronización.

Porras y Miranda [12, 33], obtuvieron una tasa de sincronización del 85.5% y 88.2%, respectivamente al utilizar un protocolo basado en el uso de

progestágenos y estradiol, observando a los animales por 96 y 100 horas respectivamente.

Miranda [33], obtuvo una tasa de sincronización del 85.7% observado a los animales en 3 períodos al día, de 6:30 a 9:00, 11:00 a 13:00 y de 18:00 a 19:00 horas, durante 3 días.

En cambio, Uribe y Albarrán [34, 35] reportaron tasas de sincronización del 47.05% y 39.8%, al observar a los animales por 3 y 6 horas, respectivamente en diferentes períodos al día.

La divergencia entre estudios puede deberse al número de animales utilizados en los estudios, a la frecuencia en la detección de calores, a la duración del tratamiento con progesterona, al manejo, edad y genotipo del animal, y a la etapa del ciclo estral al inicio del tratamiento [27].

3.3.2 Tasas de concepción en el ganado cebú.

Bridges *et al* [36] definen tasa de concepción como la proporción de vacas que completaron el tratamiento, mostraron estro, se inseminaron y fueron diagnosticadas como gestantes.

La concepción puede verse afectada por el estado reproductivo de las vacas al inicio del tratamiento, la etapa del ciclo estral, la duración del tratamiento, la edad de la hembra y la condición corporal, entre otros factores [22].

Porras [29] menciona que a pesar de que casi todas las hembras responden manifestando estro después de un tratamiento con progesterona las

expectativas en cuanto a concepción son moderadas, sobre todo en hembras que al inicio del tratamiento se encuentre en anestro y lactando.

Galina y Arthur, en un estudio recapitulativo [20] mencionan que la concepción después de la inseminación artificial durante un estro sincronizado con prostaglandinas o progestágenos es de cerca del 40% a primer servicio y de 50% a segundo servicio. Las vacas en amamantamiento usualmente tienen 10% menos concepción que las vacas secas.

El Cuadro 1 muestra las tasas de sincronización y de concepción en ganado cebú obtenidas con el uso de diferentes protocolos de sincronización. Se puede observar que las tasas de concepción raramente exceden el 50%.

Cuadro 1 . Tasas de sincronización y concepción en ganado cebú obtenidas con el uso de diferentes protocolos de sincronización.

| AUTOR | Tasa de sincronización % | Tasa de concepción % | Protocolo | Tiempo de observación |
|--|---------------------------------|-----------------------------|--|--|
| Porras, A.A Tesis de Maestría. UNAM (1990) | 85.5 | 22 | Norgestomet 9 d + 5mg VE+3mg Norgestomet | Continúa por 96 horas. |
| Miranda, B.F. Tesis de Lic. UNAM (2000) | 88.2 | 55 | Norgestomet 9 d + 5mg VE+3mg Norgestomet R/250 UI eCG | Continúa por 100 horas. |
| Molina, M.O. Tesis de Lic. UNAM (2001) | 85.7 | 50 | Norgestomet 9d + 5mg VE+3mg Norgestomet R/ 500UI eCG | 6:30-9:00 11:00-13:00 18:00-19:00 Por 3 días. |
| Uribe, L.A. ECG- Costa Rica (2001) | 47.05 | 53 | CIDR 9d + 2.5mg VE | 6:00, 12:00, 18:00/1hr |
| Alonso, A.L. Tesis de Lic. UNAM (2005) | 60 | 27 | CIDR 9d+ 2ml EB | Continúa por 80 hrs. |
| Albarrán, C.A. Tesis de Lic. UNAM (2006) | 39.8 | 42.9 | CIDR 8d + 1mg BE/1mg ECP | 6:00-9:00 17:00-20:00 por 3 días |

3.4 Importancia de la Inseminación artificial.

La inseminación artificial es una técnica que ofrece excelentes oportunidades para incrementar la producción bovina, por lo que ha sido durante varias décadas el instrumento más valioso para el mejoramiento genético del ganado bovino. Sin embargo, su uso en sistemas de producción en pastoreo en el trópico mexicano es limitado debido a factores relacionados con las condiciones de producción, pues cuentan con poco desarrollo tecnológico [14, 21].

La inseminación artificial consiste en el depósito del semen en el aparato reproductor de la hembra; la fertilidad obtenida puede ser similar a la que se observa cuando se proporciona monta natural, pero esto depende de varios factores asociados con el manejo de la técnica de inseminación artificial y de factores ambientales [37].

La adopción de técnicas reproductivas como la inseminación artificial, sincronización de estros, y la detección de estos debe de ser consideradas como una parte integral dentro de un programa de mejoramiento genético, con el fin de incrementar la producción de leche y carne de los animales. Algunos de los beneficios que aportan la utilización de estas herramientas reproductivas son la optimización de la mano de obra, épocas definidas de empadre y en consecuencia de partos, producción de lotes homogéneos en cuanto a cruza, edad y peso, lo que facilita el manejo, la alimentación y la comercialización [38].

3.5 Ultrasonografía.

En los últimos años ha habido un gran desarrollo de técnicas que permiten monitorear la función ovárica, tal es el caso de la ultrasonografía de imagen, que ha resultado de gran utilidad para entender la dinámica y regulación folicular [39]. La ultrasonografía utiliza ondas de sonido de alta frecuencia (medidas en megahertz), que permiten producir imágenes transversales o seccionales de los tejidos blandos y órganos internos. Las ondas de sonido son producidas por medio de vibraciones de cristales contenidos en el transductor del ultrasonido, estas vibraciones son producidas por pulsos electrónicos provenientes de la corriente eléctrica. Finalmente una proporción de las ondas de sonido es reflejada de regreso al transductor, mostrándose en la pantalla del ultrasonido como eco. El transductor funciona como emisor y receptor de ecos, los cuales son evidentes en la pantalla como varias sombras grisáceas [11, 40].

La imagen ecográfica está formada por puntos de luz de diferente brillo que corresponden a distinta densidad y capacidad de transmisión de sonido de los distintos tejidos que se están visualizando. Esto se llama ecogenicidad. Una estructura hiperecogénica o hiperecoica corresponde a una mayor reflexión de sonido (a más ecos, más blanca la imagen), en este caso los puntos en la pantalla aparecen blancos, y corresponden a imágenes de gas y hueso. Las estructuras ecogénicas o hipoecoicas se ven de diferentes tonalidades de gris, según la cantidad de ecos producidos, y corresponden a imágenes de tejidos blandos. Las estructuras anecogénicas o anecoicas se ven negras en la pantalla, debido a una

ausencia total de ecos por una transmisión completa de sonidos y corresponde a imágenes de líquidos [41].

El desarrollo de la ultrasonografía transrectal ha sido de gran utilidad para el estudio de la función ovárica en el ganado bovino, debido a que ha permitido entender el desarrollo folicular en diversos estados fisiológicos, en conjunción con manipulaciones experimentales, lo que ha generado nuevos hallazgos en la regulación, desarrollo y regresión del crecimiento folicular [42].

Smith *et al* [43], evaluaron la eficacia del ultrasonido en la detección del cuerpo lúteo en 76 vacas Holstein – Friesain, observando un 96% de exactitud en vacas con función lútea activa, todo esto corroborado por pruebas de progesterona en leche. Gutiérrez *et al* [44], reportaron que todos los parámetros, como la sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y negativo resultaron ser más altos cuando la palpación fue comparada con la ultrasonografía que cuando estos valores fueron comparados con niveles de progesterona.

3.6 Radioinmunoanálisis en fase sólida.

Una de las herramientas más útiles en la investigación en reproducción es la determinación de concentraciones de progesterona, en varios fluidos como el plasma, suero o leche [45].

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 [45].

La técnica de radioinmunoanálisis RIA, consiste en determinar las concentraciones de una sustancia en una muestra mediante la competencia entre dichas moléculas de la sustancia presente en la muestra y las de una cantidad conocida de la misma sustancia marcada en forma radioactiva, por los sitios de unión de anticuerpos específicos contra la sustancia de interés. El RIA de fase sólida es una modalidad en la cual los anticuerpos específicos contra la sustancia de interés se encuentran adheridos a una superficie sólida (como la pared de un tubo de ensayo). Cuando se miden las concentraciones de una hormona mediante RIA de fase sólida se determinan primero las concentraciones de hormona radiactiva que quedan unidas a los anticuerpos de la pared del tubo en presencia de distintas concentraciones conocidas de la hormona de interés. Esto se hace determinando la cantidad de radiación emitida por el tubo después de terminar el proceso y descartar el líquido que no se unió a la pared. Con las lecturas obtenidas se construye una curva (curva estándar) de la radiación (expresada en cuentas por minuto) emitida con cada dosis de hormona. En otros tubos se añaden las muestras de interés (en lugar de las cantidades conocidas de la hormona de interés), y al comparar la radiación emitida por cada uno de éstos tubos con la curva estandar es posible inferir la concentración de la hormona que estaba presente en la muestra. [40].

4 HIPÓTESIS.

La administración de 2 mg de Cipionato de Estradiol al inicio de un tratamiento con un dispositivo intravaginal liberador de progesterona será menos efectiva, en términos de sincronización de estros y tasa de concepción, que la administración de 25 mg de prostaglandina $F_{2\alpha}$ al momento de retirar el dispositivo intravaginal.

5 OBJETIVOS.

5.1 Objetivo General.

Comparar el grado de sincronización estral obtenidos al aplicar 2 mg de Cipionato de Estradiol al momento de la inserción de un dispositivo intravaginal liberador de progesterona o 25 mg de prostaglandina $F_{2\alpha}$ al momento de retirar el dispositivo intravaginal, así como la concepción obtenida con cada método al inseminar a tiempo fijo o a estro detectado.

5.2 Objetivos Específicos.

Determinar el número de animales que presenten estro con la utilización de cada método.

Determinar la tasa de concepción obtenida con la utilización de cada método, después de la inseminación artificial realizada a tiempo fijo a las 48 y 72 horas después del retiro del dispositivo, o de la inseminación artificial realizada a estro detectado.

Determinar si los niveles de progesterona en suero disminuyen después de la aplicación de 2 mg de Cipionato de Estradiol ó 25 mg de prostaglandina F_{2α}.

6 MATERIAL Y MÉTODOS.

6.1 Localización.

El experimento se realizó en el Módulo de Producción de Vaquillas F1 (Holstein x Cebú) del 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 (UNAM). Dicho módulo se localiza en el kilómetro 3.5 del camino vecinal Martínez de la Torre-Novara, Municipio de Atzalan, Veracruz, México, a 19°50' de latitud Norte y 97°1' de Longitud oeste y a una altura de 151 msnm. El clima está clasificado como Af (m) (e), cálido húmedo, con una temperatura media anual de 23.4° C, y una precipitación promedio de 1840 mm/año.

6.2 Animales experimentales.

Se utilizaron 102 hembras Cebú (*Bos indicus*) de las razas Brahman (n=72), Gyr (n=18), Sardo Negro (n=11) e Indobrasil (n=2), con un promedio de 1.8 partos y un peso promedio de 457 Kg, y con una condición corporal promedio de 3.13 en una escala del 1 al 5, donde 1 = vaca emaciada y 5 = vaca obesa [46]. Los animales pastoreaban en potreros con gramas nativas (*Axonopus spp* y *Paspalum spp*) y en menor proporción estrella de África (*Cynodon plectostachyus*) y pasto Insurgente (*Brachiaria brizantha*) de temporal.

Los animales se suplementaron con sales minerales a razón de 50 g por vaca por día y alimento concentrado con 13 % de proteína cruda a razón de 450 g por vaca por día 30 días antes del tratamiento. También se desparasitaron con Triclabendazol (Fasinex®¹) a dosis de 12 mg/Kg. de peso vivo y se les aplicó vitaminas A, D, E y complejo B².

6.3 Metodología.

El experimento se realizó en dos fases. En la fase 1 se utilizaron 81 vacas cebú, las cuales se distribuyeron aleatoriamente en cualquiera de los dos tratamientos. En la fase 2 del experimento se utilizaron 42 vacas cebú que no quedaron preñadas en la fase 1, más 21 vacas con más de 60 días posparto, dando un total de 63 animales para esta fase.

6.3.1 Fase 1.

En la Figura 1 (*Pág. 27*) se muestra la metodología de esta fase del experimento. Los animales se dividieron en dos tratamientos. En el tratamiento 1 se utilizaron 40 hembras, de las cuales 29 eran vacas secas y 11 eran vacas posparto. Los animales se sincronizaron con un dispositivo intravaginal de liberación controlada de progesterona, CIDR®³, el cual contiene 1.9 g. de progesterona en silicona estéril. El día de la inserción del dispositivo se les aplicó una inyección intramuscular de 2 mg de Cipionato de Estradiol (ECP™⁴) y se realizó un estudio ultrasonográfico para evaluar el estado de los ovarios. El

¹ Novartis Animal Health Inc. Basilea Suiza.

² Univi®t ad₃e con complejo B, Unipharm (International) S.A. Chur Suiza.

³ Eazibreed, InterAg, Hamilton, New Zeland.

⁴ Pfizer Animal Health.

dispositivo intravaginal fue retirado en el día 8 del tratamiento, mismo día en que se realizó otro estudio ultrasonográfico de los ovarios. Para el tratamiento 2 se utilizaron 41 hembras Cebú, de las cuales 30 eran vacas secas y 11 posparto; se llevó acabo el mismo manejo que en el tratamiento 1, solo que en lugar de la administración del cipionato de estradiol al inicio del tratamiento se administró una inyección intramuscular de 25 mg de prostaglandina F_{2α} (Lutalyse®⁵) al momento del retiro del dispositivo intravaginal.

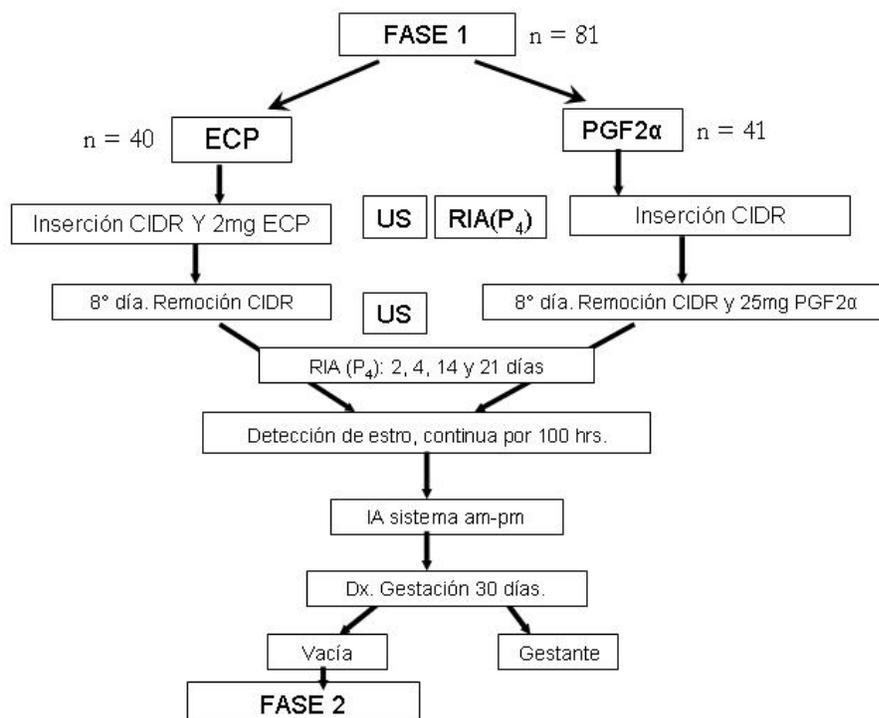
En las vacas de ambos tratamientos se tomaron muestras de sangre con el objetivo de evaluar los niveles de progesterona en suero por medio de la técnica de radioinmunoanálisis en fase sólida (RIA) [45]. Las muestras de sangre fueron tomadas en 5 ocasiones: en el día 0 y en los días 2, 4, 14 y 21 posteriores al retiro de dicho dispositivo. Con fines de evaluación del presente estudio se consideró que una vaca ovuló en respuesta a los tratamientos cuando presentó niveles de progesterona mayores a 1 ng/ml en el día 14 después del retiro del dispositivo. Se consideró que una vaca estaba en anestro cuando no presentó cuerpos lúteos ni folículos mayores de 11mm de diámetro a la inserción ni al retiro del dispositivo, y además tuvo niveles de progesterona menores de 1 ng/ml en los tiempos de muestreo.

Los animales de ambos grupos fueron observados de manera continua por 100 horas después de haber retirado el dispositivo intravaginal para determinar si alguna vaca mostraba signos de estro. Como auxiliar en la detección del estro se

⁵ Pharmacia & Upjohn

utilizó el parche *Estrus Alert*⁶. Se consideró que una vaca estaba en estro cuando se dejaba montar por otra vaca y el parche de *Estrus Alert*⁶ estaba de color rojo. Los inseminación artificial se realizó 12 horas después de detectado el estro. El diagnóstico de gestación se realizó mediante ultrasonografía 30 días después de la inseminación artificial.

Figura 1. Metodología de la fase 1 de los tratamientos estudiados.



6.3.2 Fase 2.

La Figura 2 (Pág. 30) muestra la metodología de la fase 2 del experimento. Se utilizaron 63 hembras cebú, de las cuales 42 eran vacas vacías que no quedaron gestantes en la fase 1, y 21 eran vacas vacías con más de 60 días posparto. A las vacas de cada tratamiento se les realizó el mismo manejo que a

⁶ Western Point, Inc.

las vacas de la fase 1, a excepción de la toma de muestras de sangre, y el estudio ultrasonográfico.

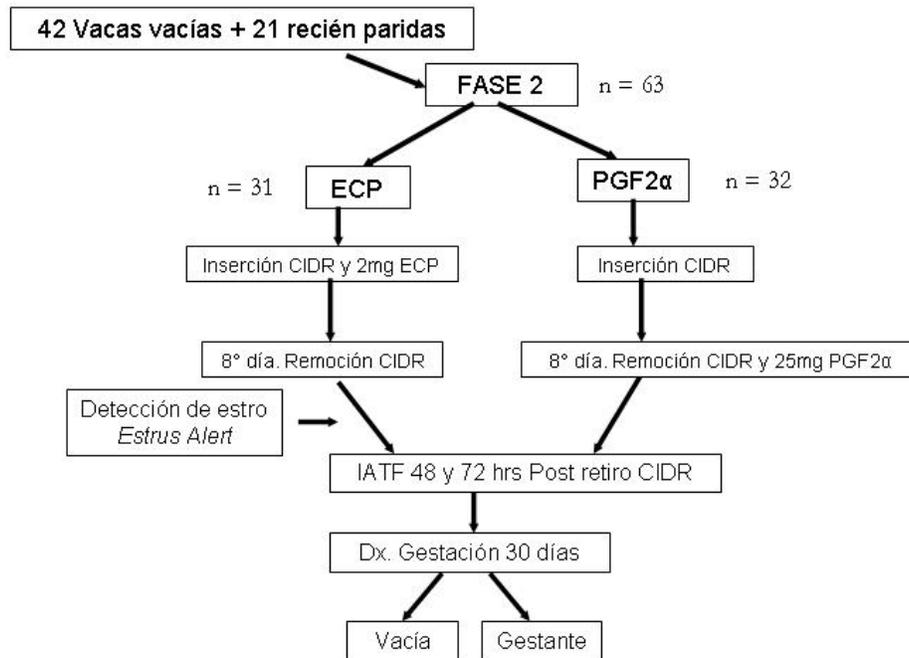
En el tratamiento 1 se utilizaron 31 hembras, de las cuales 19 eran vacas secas y 12 posparto, las que se sincronizaron con un CIDR®. El día de la inserción del dispositivo se les aplicó una inyección intramuscular de 2 mg de Cipionato de Estradiol.

Para el tratamiento 2 se utilizaron 32 hembras de las cuales 23 eran vacas secas y 9 posparto, se llevó a cabo el mismo manejo que en el tratamiento 1, solo que en lugar de la administración del cipionato de estradiol al inicio del tratamiento se les administró una inyección intramuscular de 25 mg de prostaglandina F_{2α} al momento del retiro del dispositivo intravaginal.

La detección de estros se realizó (con fines de estudios) con la ayuda del parche *Estrus Alert*®. Se determinó que una vaca estaba en estro cuando el parche se encontraba de color rojo completo. (Véase Anexo 2). Sin embargo, la inseminación artificial se realizó a tiempo fijo, 48 y 72 horas después de retirar el implante intravaginal con progesterona.

Se realizó el diagnóstico de gestación temprano mediante ultrasonografía a los 30 días posteriores a la inseminación artificial.

Figura 2. Metodología de la fase 2 de los tratamientos estudiados.



6.4 Análisis estadístico.

La proporción de animales que presentaron estro y el de los animales que ovularon como resultado de los tratamientos, la tasa de concepción de los animales que fueron inseminados a estro detectado y la tasa de concepción de las vacas inseminadas a tiempo fijo fueron comparadas mediante la prueba de Ji-cuadrada (X^2). Para la comparación del intervalo de retiro del implante al inicio de estro se realizó a cabo la prueba de "t de student". Para la realización de este análisis se utilizó el paquete SPSS 11.0 for Windows (Statistical Package for Social Science).

7 RESULTADOS.

7.1 FASE 1.

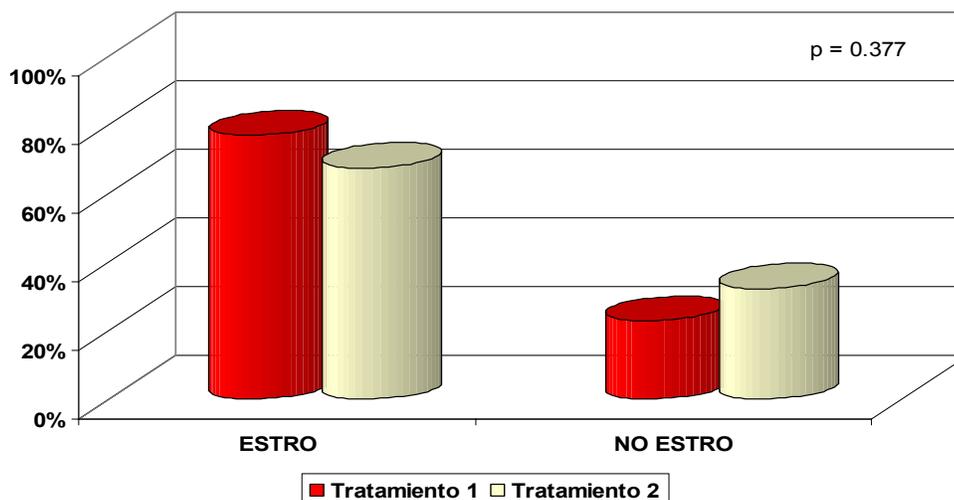
Del total de las hembras de la fase 1 (81), 12 quedaron fuera del experimento. Dos de ellas debido a que se les cayó el dispositivo intravaginal liberador de progesterona y las otras 10 debido a que se comprobó que tenían antecedentes de pobre fertilidad durante varios años⁷ (Véase Anexo 1). Quedando en total 69 hembras para la fase 1, 35 de ellas en el tratamiento 1 y 34 vacas para el tratamiento 2.

7.1.1 Sincronización del estro.

En la Figura 3 se observa que el 73 % (50/69) de las vacas mostraron signos de estro después de retirar los CIDR. En el tratamiento 1 el porcentaje fue de 77% (27/35), mientras que en el tratamiento 2 fue de 67% (23/34), no encontrándose diferencia significativa entre tratamientos ($P = 0.377$).

⁷ El comportamiento reproductivo se determinó en base a los registros reproductivos del módulo. Tomando en cuenta el número de días transcurridos del último parto al inicio del tratamiento. Se consideró hembras con baja fertilidad a aquellas vacas con más de 1000 días sin parir, por lo que fueron eliminadas del trabajo y seleccionadas como candidatas a rastro en el módulo.

Figura 3. Porcentaje de vacas que presentaron signos de estro después de los tratamientos de la fase 1.



El promedio de tiempo transcurrido entre el retiro del dispositivo y la presentación del estro fue de 63.0 ± 3.7 horas, siendo de 54.8 ± 2.1 horas en el tratamiento 1 y de 72.6 ± 4.8 horas en el tratamiento 2, observándose diferencia estadística entre tratamientos ($P < 0.05$, Cuadro 2).

Cuadro 2. Promedio de tiempo (hrs.) transcurrido entre el retiro del dispositivo y la presentación del estro después del retiro del CIDR durante la fase 1.

| Tratamiento | n | Horas entre el retiro de dispositivo y el estro |
|---------------|----|---|
| Tratamiento 1 | 27 | 54.8 ± 2.1^a |
| Tratamiento 2 | 23 | 72.6 ± 4.8^b |
| Total | 50 | 63.0 ± 3.7 |

a, b. Los valores en la línea con literales diferentes indican diferencia estadísticamente significativa. ($p < 0.05$). Los valores mostrados son promedio \pm error estándar.

7.1.2 Tasa de concepción.

El Cuadro 3 muestra el número y porcentaje de vacas que presentaron signos de estro, que fueron inseminadas y quedaron gestantes. El 38% (19/50) del total de las vacas quedaron gestantes. En el tratamiento 1 el porcentaje fue de 30% (8/27) y en el tratamiento 2 fue de 48% (11/23), sin encontrarse diferencia significativa entre ellos ($p > 0.05$).

Cuadro 3. Número y porcentaje de vacas que presentaron signos de estro que fueron inseminadas y quedaron gestantes después del retiro de los CIDR en la fase 1.

| Tratamiento | Vacas en estro e inseminadas | Vacas gestantes | Porcentaje vacas gestantes |
|----------------------|-------------------------------------|------------------------|-----------------------------------|
| Tratamiento 1 | 27 | 8 | 30 ^a |
| Tratamiento 2 | 23 | 11 | 48 ^a |
| Total | 50 | 19 | 38 |

No se encontró diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.05$)

7.1.3 Resultados de la ultrasonografía y análisis de progesterona.

En el Cuadro 4 se muestra la clasificación de las vacas de acuerdo a la presencia o ausencia del cuerpo lúteo a la inserción y retiro del dispositivo intravaginal.

Cuadro 4. Clasificación de las vacas utilizadas en la fase 1 del estudio de acuerdo a los hallazgos ultrasonográficos.

| Categoría | Tratamiento 1 | Tratamiento 2 | Total |
|------------------|----------------------|----------------------|--------------|
| I-R | 18 | 17 | 35 |
| I | 8 | 9 | 17 |
| SIN | 4 | 4 | 8 |
| R | 2 | 2 | 4 |
| ANESTRO | 3 | 2 | 5 |
| TOTAL | 35 | 34 | 69 |

I-R = Vacas con cuerpo lúteo a la inserción y retiro del dispositivo.

I = Vacas con cuerpo lúteo a la inserción, pero sin cuerpo lúteo al retiro del dispositivo.

SIN = Vacas sin cuerpo lúteo a la inserción y retiro del dispositivo.

R = Vacas sin cuerpo lúteo a la inserción pero con cuerpo lúteo al retiro del dispositivo.

Se puede observar que 52 vacas presentaban cuerpo lúteo a la inserción del dispositivo intravaginal, y que 35 de ellas seguían presentándolo al retiro del mismo, mientras que en 17 vacas el cuerpo lúteo ya no estaba presente al retiro del dispositivo. Ocho vacas no presentaban cuerpo lúteo a la inserción ni al retiro del dispositivo. Cuatro vacas no presentaban cuerpo lúteo a la inserción del dispositivo, pero si al retiro del mismo, y cinco vacas se encontraban en anestro.

Con fines de análisis, se presentan por separado los hallazgos ultrasonográficos de las vacas de acuerdo a la categorización anterior.

7.1.3.1 Vacas con cuerpo lúteo a la inserción y retiro del dispositivo intravaginal.

El Cuadro 5 muestra el número de vacas que presentaron cuerpo lúteo a la inserción y retiro del dispositivo, clasificándolas de acuerdo a si quedaron gestantes o vacías, dividiendo éstas últimas entre las que presentaron estro (y por lo tanto fueron inseminadas), y las que no presentaron estro (y no fueron inseminadas). En total 29 vacas presentaron estro y fueron inseminadas, quedando 10 de ellas gestantes y 19 vacías, 3 de ellas del tratamiento 1 y 7 del tratamiento 2. En el tratamiento 1 un total de 14 vacas presentaron estro a pesar de que tenían un CL al retirar el CIDR, pero solamente 3 de ellas (21 %) quedaron gestantes. En el tratamiento 2, un total de 15 vacas presentaron estro a pesar de tener un cuerpo lúteo al retirar el CIDR, y 7 de ellas (47%) quedaron gestantes. Seis vacas con CL al final de los tratamientos no presentaron estro, por lo que no fueron inseminadas ni quedaron gestantes.

Cuadro 5. Número de vacas que presentaron cuerpo lúteo a la inserción y retiro del dispositivo, que quedaron gestantes y que presentaron o no estro para los tratamientos estudiados.

| I-R | Tratamiento 1 | Tratamiento 2 | Total |
|-------------------------|---------------|---------------|-------|
| Gestantes | 3 | 7 | 10 |
| Con estro vacías | 11 | 8 | 19 |
| Sin estro | 4 | 2 | 6 |
| Total | 18 | 17 | 35 |

7.1.3.2 Vacas con cuerpo lúteo a la inserción, pero sin cuerpo lúteo al retiro del dispositivo.

El Cuadro 6 muestra que 17 vacas tenían cuerpo lúteo a la inserción pero no al retiro del dispositivo; 13 de ellas presentaron estro y 4 no lo hicieron. De las 13 que presentaron estro se produjo la gestación en 8 de ellas (61 %). El porcentaje de gestación/inseminación fue de 71 % (5/7) en el tratamiento 1, y del 50 % (3/6) en el tratamiento 2.

Cuadro 6. Número de vacas con cuerpo lúteo a la inserción pero no al retiro del dispositivo, que quedaron gestantes y que presentaron o no estro para los tratamientos estudiados.

| I | Tratamiento 1 | Tratamiento 2 | Total |
|------------------------|----------------------|----------------------|--------------|
| Gestantes | 5 | 3 | 8 |
| Vacía con Estro | 2 | 3 | 5 |
| Vacía sin Estro | 1 | 3 | 4 |
| Total | 8 | 9 | 17 |

7.1.3.3 Vacas sin cuerpo lúteo a la inserción y retiro del dispositivo.

El Cuadro 7 muestra que cinco de las 8 vacas que no presentaron cuerpo lúteo a la inserción ni al retiro del dispositivo presentaron estro, cuatro de ellas en el tratamiento 1 y 1 en el tratamiento 2; Solamente ésta última quedó gestante.

Cuadro 7. Número de vacas sin cuerpo lúteo a la inserción y retiro del dispositivo, que quedaron gestantes y que presentaron o no estro para los tratamientos estudiados.

| SIN | Tratamiento 1 | Tratamiento 2 | Total |
|------------------------|----------------------|----------------------|--------------|
| Gestantes | 0 | 1 | 1 |
| Vacía con Estro | 4 | 0 | 4 |
| Vacía sin Estro | 0 | 3 | 3 |
| Total | 4 | 4 | 8 |

Finalmente, de las cuatro vacas que no presentaron cuerpo lúteo a la inserción pero si al retiro del dispositivo, todas ovularon pero no presentaron estro, por lo tanto no fueron inseminadas y no quedaron gestantes, tal y como se muestra en el Cuadro 8.

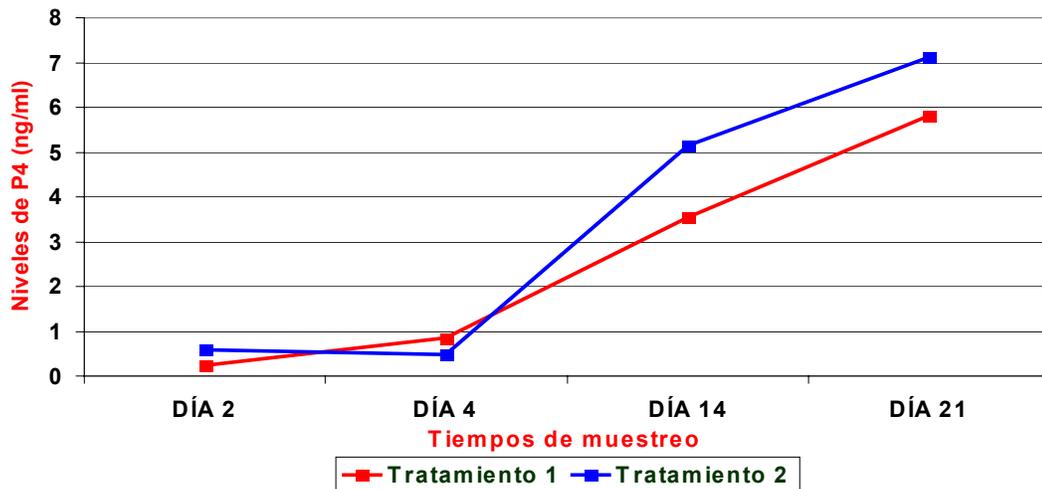
Cuadro 8. Número de vacas que no presentaron cuerpo lúteo a la inserción pero si al retiro del dispositivo, que quedaron gestantes y que presentaron o no estro para los tratamientos estudiados.

| R | Tratamiento 1 | Tratamiento 2 | Total |
|------------------------|----------------------|----------------------|--------------|
| Gestantes | 0 | 0 | 0 |
| Vacía con Estro | 0 | 0 | 0 |
| Vacía sin Estro | 2 | 2 | 4 |
| Total | 2 | 2 | 4 |

7.1.4 Radioinmunoanálisis.

La Figura 4 muestra la representación grafica de los niveles promedio de progesterona de las vacas que quedaron gestantes, independientemente del grupo al que pertenecían. Al día 2 después del retiro del dispositivo los niveles de progesterona eran menores a 1 ng/ml, aumentando en ambos grupos a más de 3 n/ml para el día 14, continuando por arriba de este nivel hasta el día 21 posterior al retiro del dispositivo, cuando se suspendieron los muestreos. En el Anexo 3 y Anexo 4 se muestra la representación gráfica de los niveles de progesterona individuales de algunas de las vacas gestantes.

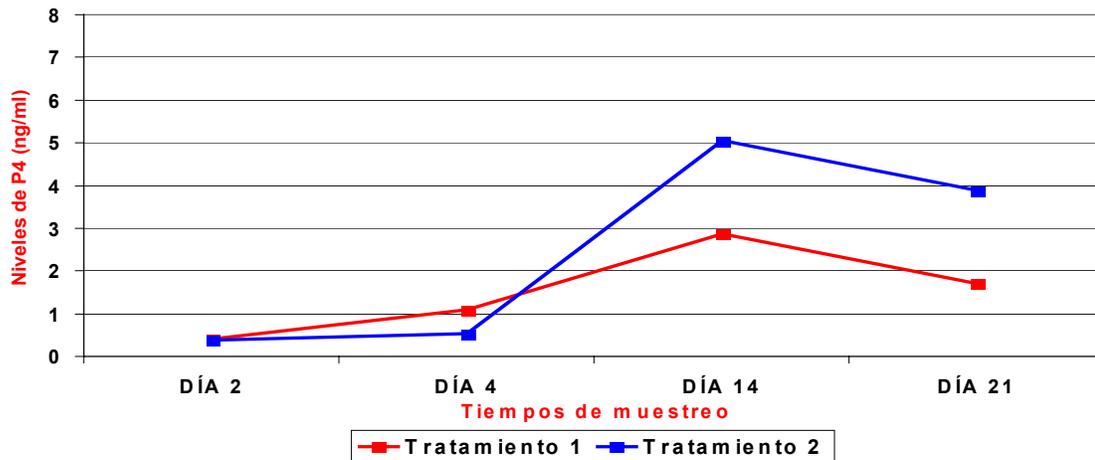
Figura 4. Concentración promedio de progesterona de las vacas gestantes para los tratamientos estudiados.



La Figura 5 muestra la representación grafica de los niveles promedio de progesterona de las vacas que presentaron estro pero no quedaron gestantes. Hasta el día 14 las concentraciones de progesterona fueron similares a las de las vacas que quedaron vacías, pero descendieron en forma marcada en el día 21. En

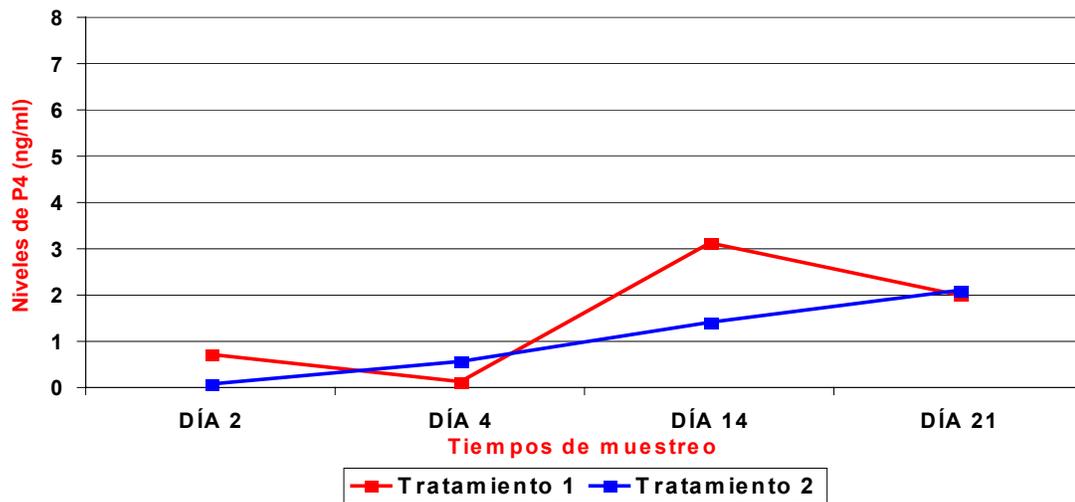
el Anexo 5 y Anexo 6 se muestra la representación grafica de los niveles de progesterona de algunas de las vacas vacías.

Figura 5. Concentración promedio de progesterona de las vacas vacías que presentaron estro para los tratamientos estudiados.



La Figura 6 muestra la representación gráfica de los niveles promedio de progesterona de las vacas que no presentaron estro. En los Anexo 7 y Anexo 8 se muestra la representación grafica de los niveles de progesterona de algunas de las vacas vacías que no presentaron signos de estro.

Figura 6. Concentración promedio de progesterona de las vacas vacías que no presentaron estro para los tratamientos estudiados.



7.2 FASE 2.

Del total de las hembras de la fase 2 (63), 5 quedaron fuera del experimento, dos de ellas debido a que no se pudieron inseminar (porque una presentó moco purulento y la otra tenía el cérvix cerrado). Las otras tres hembras se eliminaron porque se demostró que tuvieron antecedentes de fertilidad pobre⁸. (Véase Anexo 1). De esta manera quedaron en total 58 hembras para la fase 2, siendo 28 vacas para el tratamiento 1, y 30 vacas para el tratamiento 2.

7.2.1 Sincronización del estro.

En el Cuadro 9 se muestra el número y porcentaje de vacas en estro en la fase 2. En total el 67% (39/58) de las hembras presentaron estro en esta fase. Para el tratamiento 1 el porcentaje fue de 57% (16/28), mientras que para el tratamiento 2 fue de 77% (23/30). No hubo diferencia estadística significativa entre tratamientos ($p > 0.05$).

Cuadro 9. Número y porcentaje de vacas en estro en la fase 2 de los tratamientos estudiados.

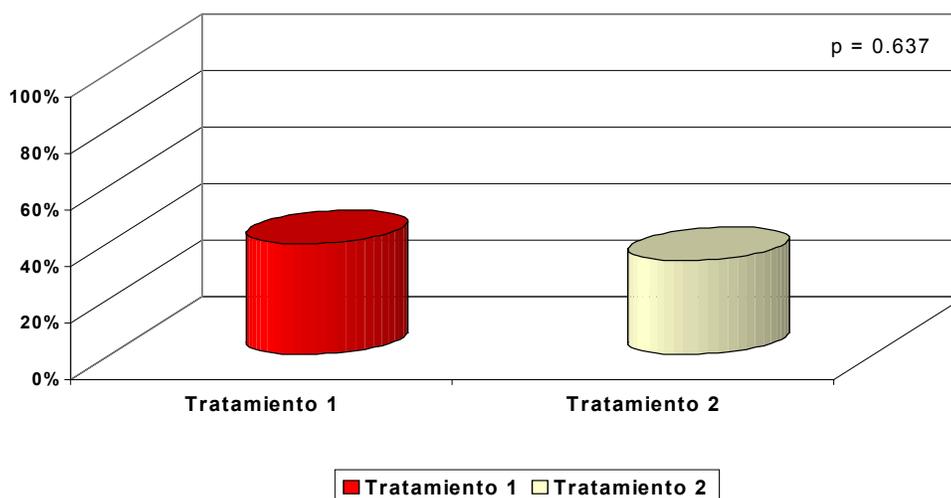
| Tratamiento | N | Número de vacas en estro | Porcentaje de vacas en estro |
|---------------|----|--------------------------|------------------------------|
| Tratamiento 1 | 28 | 16 | 57.2 ^a |
| Tratamiento 2 | 30 | 23 | 76.7 ^a |
| Total | 58 | 39 | 67.2 |

Literales iguales indican que no se encontró diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.05$)

⁸ El comportamiento reproductivo se determinó en base a los registros reproductivos del módulo. Tomando en cuenta el número de días transcurridos del último parto al inicio del tratamiento. Se consideró como hembras con baja fertilidad, a aquellas vacas con más de 1000 días sin parir, por lo que fueron eliminadas del trabajo y seleccionadas como candidatas a rastro en el módulo.

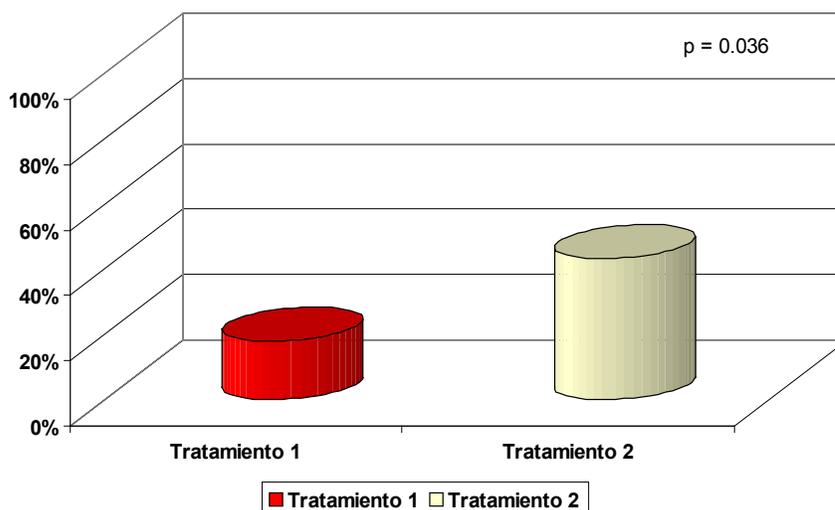
En la Figura 7 se muestra el porcentaje de vacas que presentaron estro para los dos tratamientos dentro de las primeras 72 horas posteriores al retiro del dispositivo, siendo en promedio de 36% (21/58)., sin diferencia estadística ($P>0.05$) entre tratamientos.

Figura 7. Porcentaje de vacas que presentaron estro dentro de las primeras 72 horas posteriores al retiro del dispositivo para la fase 2 en los tratamientos estudiados.



La Figura 8 muestra el porcentaje de vacas que presentaron estro después del período de inseminación artificial a tiempo fijo, 31% de las vacas (18/58) presentaron estro en este periodo. Para el tratamiento 1 y 2, el porcentaje fue de 18% (5/28) y 43% (13/30), respectivamente, encontrándose diferencia significativa entre tratamientos ($p<0.05$).

Figura 8. Porcentaje de vacas que presentaron estro después del período de inseminación artificial a tiempo fijo en la fase 2 de los tratamientos estudiados.



7.2.2 Tasa de concepción.

El Cuadro 10 muestra el número y porcentaje de vacas que quedaron gestantes en la fase 2, donde se puede observar que el 21% (12/58) del total de las vacas quedaron gestantes. La tasa de concepción para el tratamiento 1 fue de 18% (5/28) de las cuales, 2 vacas eran posparto. La tasa de concepción del tratamiento 2 fue de 23% (7/30), de las cuales 1 era posparto. No hubo diferencia significativa entre tratamientos ($p > 0.05$).

Cuadro 10. Número y porcentaje de vacas gestantes en la fase 2 en los tratamientos estudiados.

| Tratamiento | n | Vacas gestantes | Vacas gestantes % |
|---------------|----|-----------------|-------------------|
| Tratamiento 1 | 28 | 5 | 18 ^a |
| Tratamiento 2 | 30 | 7 | 23 ^a |
| Total | 58 | 12 | 21 |

Literales iguales indican que no se encontró diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.05$)

8 DISCUSIÓN.

El 73% del total de las hembras en la fase 1 mostraron signos de estro. Este porcentaje puede considerarse bajo ya que en la presente investigación el tiempo de observación fue de 100 horas continuas, por lo que cabría esperar mejor eficiencia que la encontrada en el trabajo. Por ejemplo. Porras, Miranda y Molina, [12, 33, 47] encontraron tasas de detección de estros sincronizados superiores al 80%, las que son muy superiores a lo obtenido en esta investigación. Sin embargo, debe considerarse que la detección de calores en el ganado cebú se ve dificultada por diversos factores, como el tiempo dedicado a la observación de calores, el estado reproductivo de las hembras al inicio del tratamiento y el número de animales utilizado en cada investigación, por lo que autores como Alonso, Uribe y Albarrán, [15, 34, 35] encontraron tasas de sincronización del 60, 47 y 39%, respectivamente, las cuales son incluso más bajas que las encontrados en este investigación.

En el presente trabajo la presentación de estros fue ligeramente mayor en el tratamiento 1 (77%) que en el tratamiento 2 (67%). Además, las hembras que manifestaron estro en el tratamiento 1 lo hicieron en promedio a las 54.8 horas después del retiro del dispositivo, mientras que las vacas del tratamiento 2 lo hicieron en promedio a las 72.6 horas. Esto indica que la manifestación de las conductas de estro después del tratamiento con progesterona y cipionato de estradiol se presenta en forma más rápida y uniforme si se compara al utilizar sustancias luteolíticas como la prostaglandina $F_{2\alpha}$. Sin embargo, esto al parecer se debe a la inducción de estros por los estrógenos exógenos más que por un

adecuado desarrollo folicular, como lo demuestra la baja proporción de las vacas que quedaron gestantes después de presentar estro como resultado del tratamiento 1 (Cuadro 3). El intervalo a la presentación del estro en el tratamiento 1 es muy similar a lo reportado por Alonso [15] quien menciona que hubo una tendencia de los animales a agruparse dentro de las 58 horas posteriores al retiro del dispositivo, y mayor al encontrado por, Martínez [48] y Albarrán [34], quienes reportaron un promedio de 48.6 ± 2.6 y 45.3 ± 6.5 horas, respectivamente de inicio del estro post-retiro del dispositivo.

Por otra parte, aunque Landivar *et al* [49] mencionan que las tasas de concepción en ganado cebú después de la inseminación artificial raramente exceden el 30%. Galina y Arthur [20] reportan que la fertilidad después de la inseminación artificial seguida de la sincronización con prostaglandinas o progesterona es casi del 40%. En esta investigación, la tasa de concepción obtenida en la fase 1 fue de 38%, siendo mayor para el tratamiento 2 que para el tratamiento 1, donde la concepción fue de 48% y 30%, respectivamente.

La tasa de concepción obtenida para el tratamiento 1 fue baja si se compara con lo obtenido por Miranda [33], quien obtuvo una tasa de concepción de 55%. Albarrán [34] obtuvo una tasa de concepción del 47.4% al utilizar un dispositivo CIDR por 8 días más 1mg de cipionato de estradiol, lo que es superior a lo obtenido en el tratamiento 1.

Los resultados obtenidos en el tratamiento 1 están acordes con lo obtenido por Baruselli, [2], quien encontró una tasa del 38.9% en ganado Nelore tratado con un dispositivo de progesterona y benzoato de estradiol más 1mg de benzoato

de estradiol al retiro del dispositivo. En el mismo trabajo pero en ganado Braford bajo el mismo protocolo obtuvo el 26.7% de concepción. Lo que es inferior a lo obtenido en el tratamiento 1.

En el estudio ultrasonográfico se observó que muchas de las vacas, tanto de las que quedaron gestantes como las que no lo hicieron presentaban cuerpo lúteo a la inserción y retiro el dispositivo intravaginal. De las 26 vacas del tratamiento 1 presentaban cuerpo lúteo a la inserción del dispositivo, 18 aún lo mantenían al retiro del dispositivo, lo que indica que el ECP no cumplió con su función luteolítica. Es posible que estas vacas se encontraran en una etapa diferente al metaestro tardío al recibir el ECP, que es la etapa en la cual los estrógenos pueden tener capacidad luteolítica [6, 10, 16]. En 8 vacas el cuerpo lúteo si fue lisado mientras tenían el CIDR, de las cuales 5 quedaron gestantes, sin embargo la probabilidad de que una vaca se encuentre en esta etapa del ciclo estral es mínima. En el caso del tratamiento 2, la prostaglandina $F_{2\alpha}$ se aplicó al retiro del dispositivo intravaginal, de tal manera que destruyó a los cuerpos lúteos que aún se encontraban presentes.

En el estudio de radioinmunoanálisis en fase sólida se observó que independientemente del estado del cuerpo lúteo al retiro del dispositivo, los niveles de progesterona del 94% de las vacas estaban por debajo de 1 ng/ml 2 días después del retiro del dispositivo, el porcentaje restante lo presentó 96 horas después del retiro del dispositivo.

Igualmente se observó que el 84% (58/69) de las vacas ovularon, de las cuales el 86% (50/58) presentaron estro, y el 38% (19/50) quedó gestante. El

hecho de que una vaca sea detectada en estro y sea inseminada, no significa que va quedar gestante, ya que la fertilidad de las vacas puede verse afectada por diversos factores [21]. Tal y como se pudo observar en esta investigación, donde al realizar el estudio de caso de las vacas vacías que presentaron signos de estro y que fueron inseminadas, se encontró que algunas vacas presentaron diversos problemas a la inseminación artificial, 1 vaca presento moco purulento al momento de la inseminación artificial, 5 vacas no ovularon, 8 vacas presentaron el cérvix quebrado. Galina [22] menciona que casi el 30% del ganado cebú presenta desviaciones del cérvix, lo cual afecta el paso de la pipeta de inseminación artificial a través del lumen del cérvix, ocasionando que el semen no sea depositado en el cuerpo del útero.

Trece vacas no estaban en estro franco al momento de la inseminación artificial. Zarco [21] menciona que uno de los principales factores que afectan el índice de concepción es la precisión en la detección de estros, que es el porcentaje de vacas detectadas en estro que realmente están en estro. Ya que si una vaca es inseminada cuando no esta en estro, no podrá quedar gestante, como ocurrió en esta fase del experimento.

En la presente investigación, de las 19 vacas vacías que no presentaron signos de estro, 13 si ovularon, pero probablemente el orden social del ható afectó la manifestación de los signos de estro, por lo que no pudieron ser detectadas. Sin embargo, la mayoría de las hembras que manifestaron estro culminaron con la ovulación. Lo que concuerda con lo reportado por Cavalieri *et al* [50] quienes

mencionan que los animales que muestran signos de celo tienen una probabilidad mayor de presentar la ovulación.

En el caso de la inseminación artificial a tiempo fijo es importante que haya una mayor agrupación de las hembras, ya que se podría estar inseminando de una manera tardía o temprana con respecto al estro y por lo tanto de la ovulación [21].

Sin embargo, en la fase 2 del experimento a pesar de que las hembras del tratamiento 1 se agruparon de una forma más uniforme dentro de las 72 horas posteriores al retiro del dispositivo, tuvieron una tasa de concepción de 18%, a diferencia de las hembras del tratamiento 2, donde el porcentaje fue de 23%. Lo cual no concuerda con lo obtenido por Martínez *et al* [17] quienes observaron porcentajes de concepción superiores en animales que manifestaron signos de estro, con respecto a los que no lo hicieron, siendo del 62.6% y 51.9%, respectivamente.

Peeler, [13] reporta que tras un tratamiento con CIDR® y cipionato de estradiol la tasa de preñez se vio influenciada por el tiempo de inseminación. En su trabajo las vaquillas que fueron inseminadas 56 horas después del retiro del dispositivo, tuvieron una tasa de preñez del 81%, comparada con las vaquillas inseminadas a las 48 y 72 horas post-retiro del dispositivo, 66.7% y 50%, respectivamente.

A pesar de que no se encontró diferencia estadística en la tasa de concepción total para los tratamientos estudiados, si se observó diferencia estadística significativa para las fases de esta investigación, lo que demuestra

que con la inseminación artificial a tiempo fijo la concepción es menor que con la inseminación artificial a calor detectado.

Debido al manejo propio del módulo, las vacas siguieron siendo monitoreadas después de la inseminación artificial a tiempo fijo, y aquellas vacas que mostraron signos de estro fueron inseminadas. De este modo 8 vacas del tratamiento 2 quedaron gestantes (Véase Anexo 9). Si se considera esto, la tasa de concepción total para el tratamiento 2 sería del 50% (17/30) mientras que para el tratamiento 1 seguiría siendo del 18% (5/28). Esto demuestra la capacidad luteolítica de la prostaglandina $F_{2\alpha}$ y las altas tasas de concepción que se pueden alcanzar al utilizar esta sustancia, a pesar de que los signos de estro se presenten en un tiempo muy variable.

9 CONCLUSIONES.

En este trabajo no se encontraron diferencias significativas en la capacidad de sincronización ni en la fertilidad obtenida al utilizar 2 mg de cipionato de estradiol al inicio de un tratamiento con un dispositivo intravaginal liberador de progesterona comparado con la administración de 25 mg de prostaglandina $F_{2\alpha}$ al momento de retirar el dispositivo intravaginal.

Sin embargo, a pesar que la sincronización del estro fue similar para ambos tratamientos, las vacas con cipionato de estradiol se agruparon en un período menor de tiempo a diferencia de las vacas tratadas con prostaglandina $F_{2\alpha}$. La tasa de concepción no se vio afectada en ningún tratamiento, pero si por el método de programación de la inseminación, siendo mayor a estro detectado que a tiempo fijo.

10 ANEXOS.

Anexo 1. Evaluación del comportamiento reproductivo.

| No.vaca | TRAT | C.C | Status | Ultimo parto | Dias abiertos | Meses abiertos |
|-----------|--------------------------------|-------------|---------------------|------------------|---------------|----------------|
| 1 | ECP | 2.75 | multípara | 03-jun-05 | 353 | 12 |
| 2 | ECP | 3.00 | multípara | 01-mar-05 | 447 | 15 |
| 3 | ECP | 2.50 | multípara | 21-may-03 | 1097 | 36 |
| 4 | ECP | 3.00 | multípara | 26-mar-05 | 422 | 14 |
| 5 | ECP | 3.00 | primer parto | 18-abr-05 | 399 | 13 |
| 6 | ECP | 2.50 | primer parto | 24-abr-05 | 393 | 13 |
| 7 | ECP | 3.50 | primer parto | 27-dic-05 | 146 | 5 |
| 8 | ECP | 2.50 | multípara | 02-abr-02 | 1511 | 50 |
| 9 | ECP | 3.50 | multípara | 10-jul-04 | 681 | 22 |
| 10 | ECP | 3.00 | primer parto | 05-may-02 | 1478 | 48 |
| 11 | ECP | 3.00 | multípara | 12-mar-05 | 436 | 14 |
| 12 | ECP | 3.00 | multípara | 22-mar-01 | 1887 | 62 |
| 13 | ECP | 3.00 | multípara | 29-feb-04 | 813 | 27 |
| 14 | ECP | 3.50 | primer parto | 08-mar-04 | 805 | 26 |
| 15 | ECP | 2.50 | multípara | 23-mar-06 | 66 | 2 |
| 16 | ECP | 3.25 | multípara | 29-mar-06 | 60 | 2 |
| 17 | ECP | 2.50 | primer parto | 30-mar-06 | 59 | 2 |
| 18 | ECP | 2.75 | multípara | 01-mar-06 | 88 | 3 |
| 19 | ECP | 2.50 | multípara | 03-abr-06 | 55 | 2 |
| 20 | ECP | 2.50 | multípara | 01-abr-06 | 57 | 2 |
| 21 | ECP | 2.50 | primer parto | 17-mar-06 | 72 | 2 |
| 22 | ECP | 2.50 | primer parto | 16-feb-06 | 101 | 3 |
| 23 | ECP | 2.50 | primer parto | 20-nov-05 | 189 | 6 |
| 24 | ECP | 2.00 | primer parto | 12-nov-05 | 197 | 6 |
| 25 | ECP | 2.75 | primer parto | 26-ene-06 | 122 | 4 |
| 26 | PGF2 α | 2.00 | multípara | 17-sep-05 | 250 | 8 |
| 27 | PGF2α | 3.00 | multípara | 18-abr-03 | 1133 | 37 |
| 28 | PGF2 α | 4.00 | primer parto | 05-mar-04 | 811 | 27 |
| 29 | PGF2 α | 3.00 | primer parto | 17-ene-06 | 128 | 4 |
| 30 | PGF2 α | 4.50 | multípara | 24-abr-05 | 396 | 13 |
| 31 | PGF2 α | 3.00 | multípara | 08-jun-05 | 351 | 12 |
| 32 | PGF2 α | 2.50 | primer parto | 27-abr-05 | 393 | 13 |
| 33 | PGF2 α | 4.00 | primer parto | 01-abr-04 | 784 | 26 |
| 34 | PGF2 α | 3.00 | primer parto | 30-abr-05 | 390 | 13 |
| 35 | PGF2 α | 4.00 | multípara | 18-feb-04 | 827 | 27 |
| 36 | PGF2α | 4.00 | multípara | 24-abr-03 | 1127 | 37 |
| 37 | PGF2α | 4.50 | multípara | 04-mar-03 | 1178 | 39 |
| 38 | PGF2 α | 3.00 | multípara | 04-mar-04 | 812 | 27 |
| 39 | PGF2α | 3.00 | multípara | 04-abr-03 | 1147 | 38 |
| 40 | PGF2α | 3.00 | multípara | 20-mar-03 | 1162 | 38 |
| 41 | PGF2α | 3.50 | multípara | 25-mar-02 | 1522 | 50 |
| 42 | PGF2α | 4.00 | multípara | 19-jun-91 | 5454 | 179 |
| 43 | PGF2 α | 4.00 | primer parto | 16-ene-06 | 129 | 4 |
| 44 | PGF2 α | 2.50 | multípara | 30-mar-06 | 59 | 2 |
| 45 | PGF2 α | 3.00 | multípara | 05-abr-06 | 53 | 2 |
| 46 | PGF2 α | 2.00 | multípara | 22-mar-06 | 67 | 2 |
| 47 | PGF2 α | 2.75 | multípara | 02-abr-06 | 56 | 2 |
| 48 | PGF2 α | 3.20 | primer parto | 21-feb-06 | 96 | 3 |
| 49 | PGF2 α | 2.50 | primer parto | 12-nov-05 | 197 | 6 |
| 50 | PGF2 α | 2.50 | primer parto | 27-mar-06 | 62 | 2 |
| 51 | PGF2 α | 2.50 | primer parto | 15-ene-06 | 133 | 4 |
| 52 | PGF2 α | 2.50 | primer parto | 02-mar-06 | 87 | 3 |
| 53 | PGF2 α | 2.75 | primer parto | 29-mar-06 | 60 | 2 |

Vacas resaltadas en rojo, fueron eliminadas del experimento.

Anexo 2. Parche *Estrus Alert*.

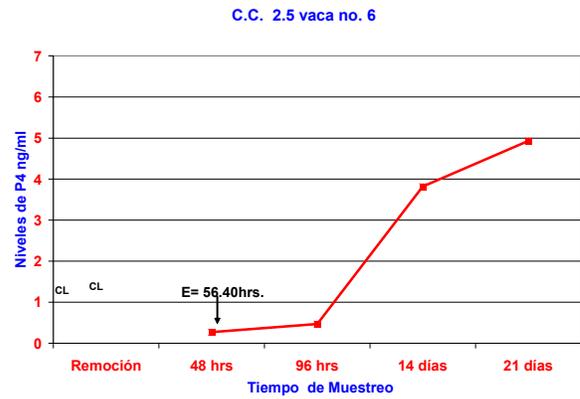
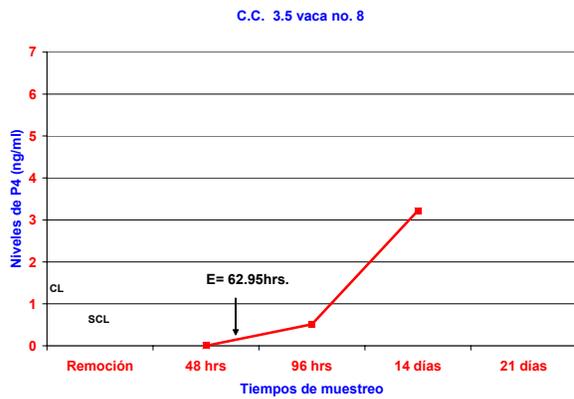
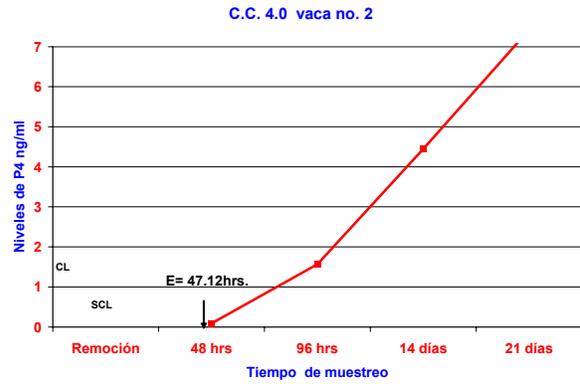
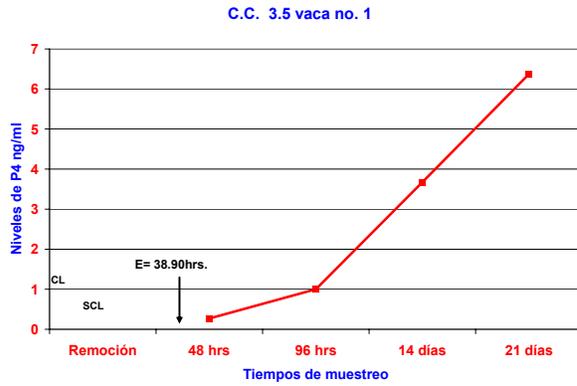
Figura 9. Cambios de color del parche para las vacas en estro.



Figura 10. Estado del parche rojo en una vaca en estro manifiesto.

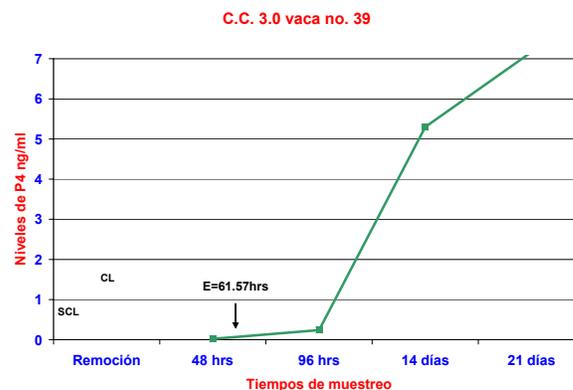
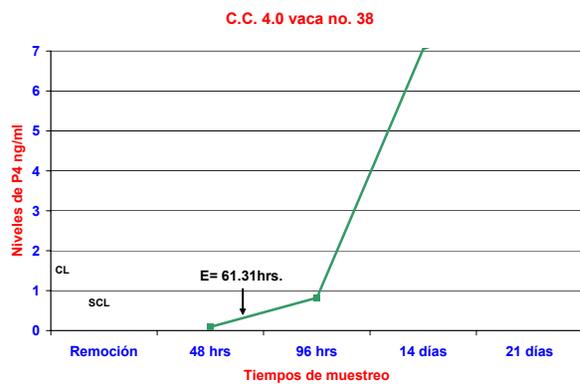
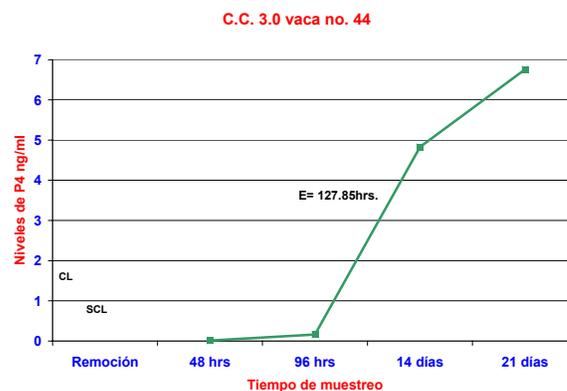
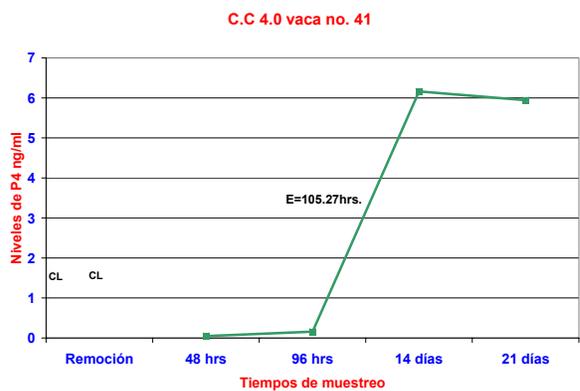
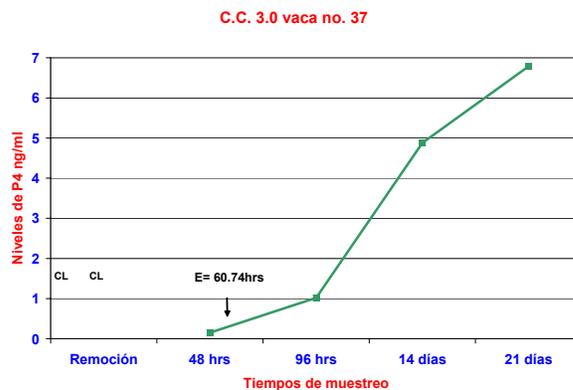
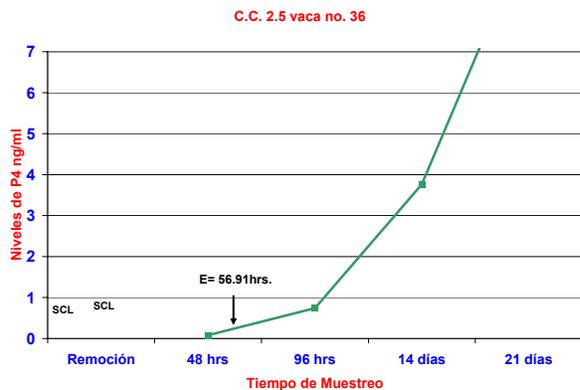


Anexo 3. Representación grafica de los niveles de progesterona de las vacas gestantes del tratamiento 1.



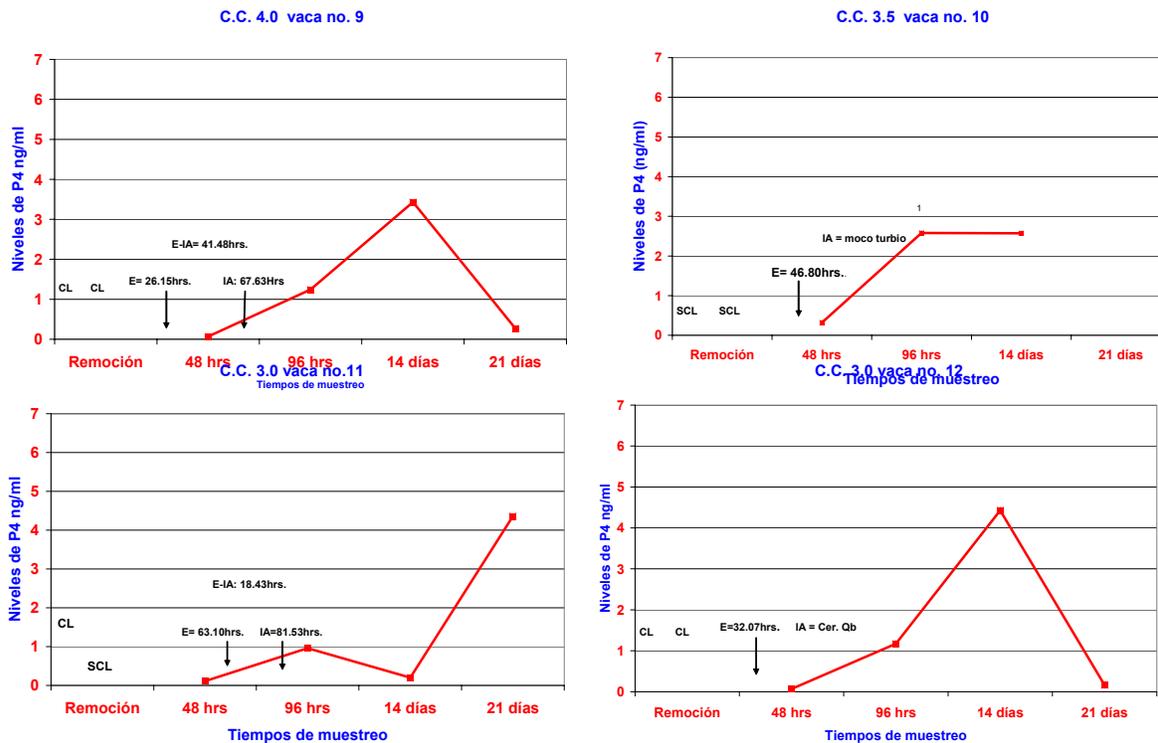
C.C.= Condición corporal
 CL = Con cuerpo lúteo
 SCL= Sin cuerpo lúteo
 E= Estro

Anexo 4. Representación grafica de los niveles de progesterona de las vacas gestantes del tratamiento 2.



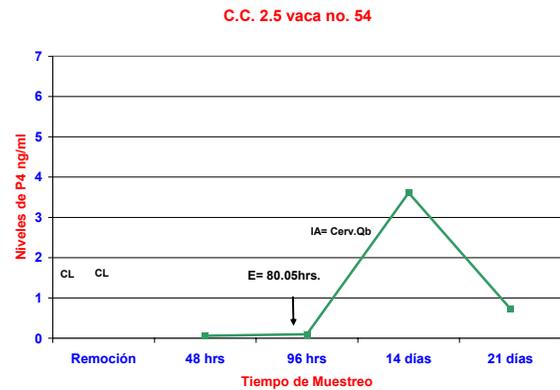
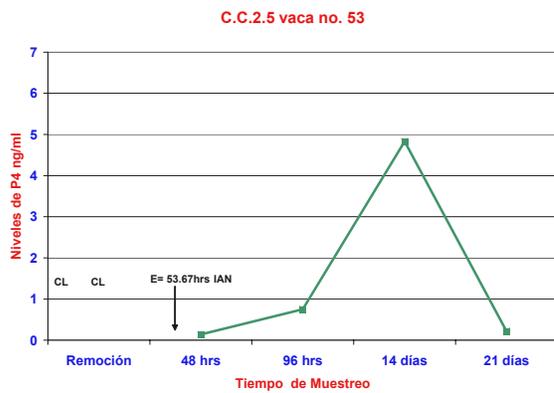
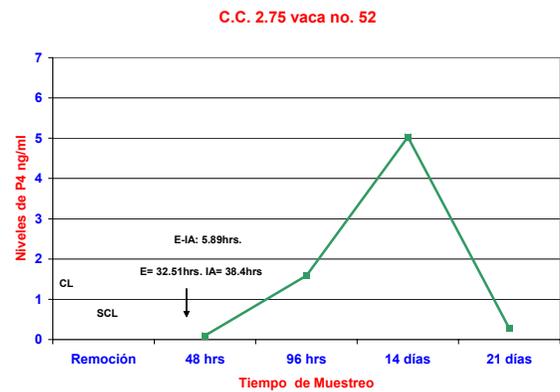
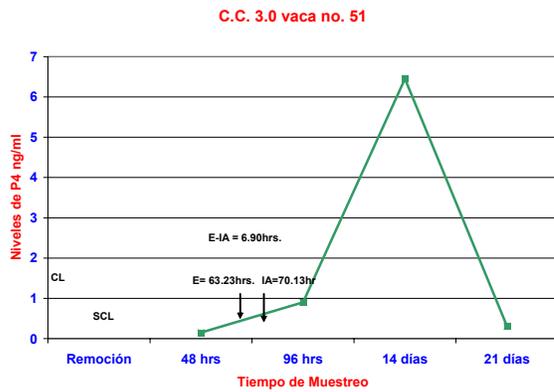
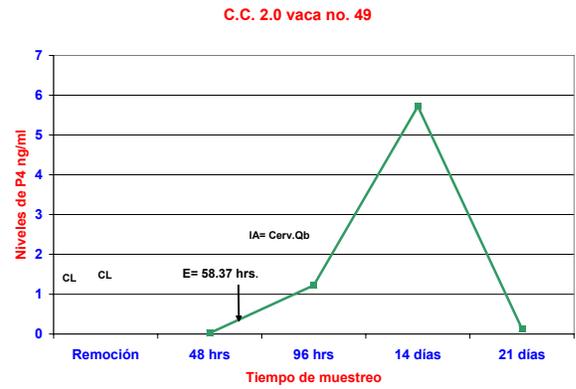
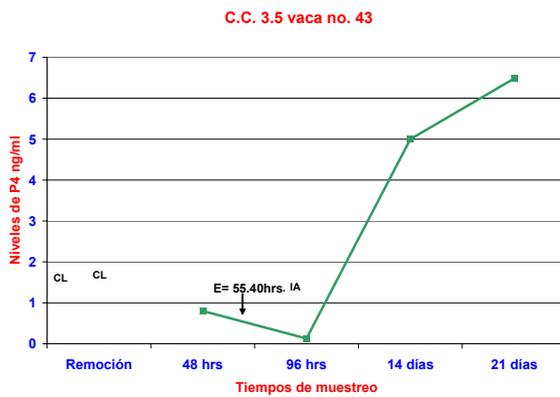
C.C.= Condición corporal
 CL = Con cuerpo lúteo
 SCL= Sin cuerpo lúteo
 E= Estro

Anexo 5. Representación grafica de los niveles de progesterona de las vacas vacías que presentaron signos de estro para el tratamiento 1.



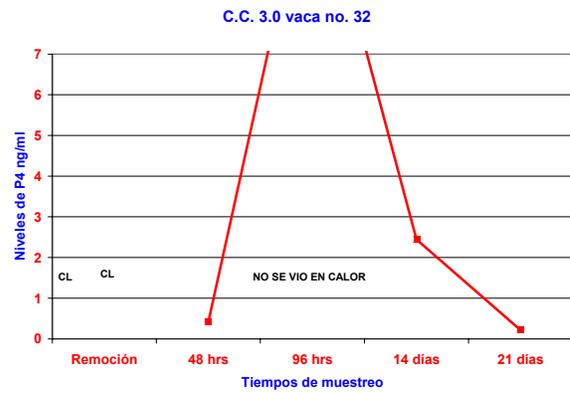
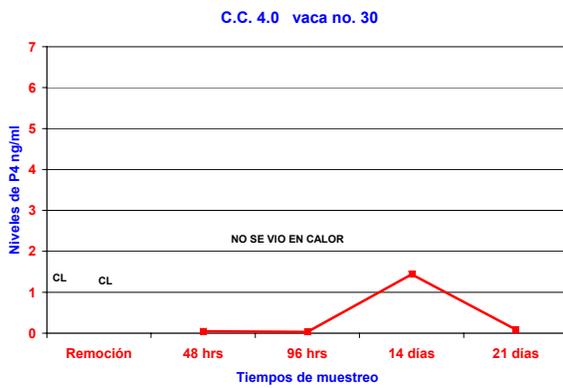
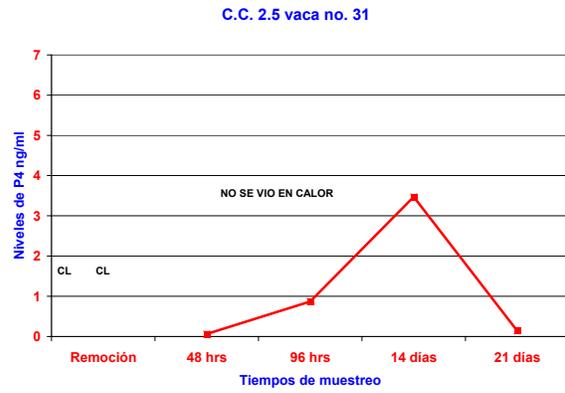
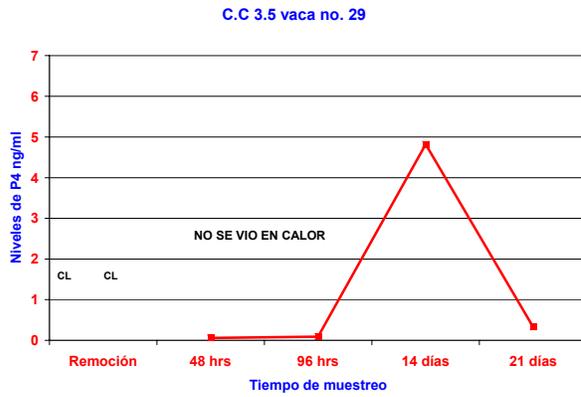
C.C.= Condición corporal
 CL = Con cuerpo lúteo
 SCL= Sin cuerpo lúteo
 E= Estro
 IA= Inseminación Artificial
 Cerv. Qb.= Cérvix Quebrado

Anexo 6. Representación grafica de los niveles de progesterona de las vacas vacías que presentaron estro para el tratamiento 2.



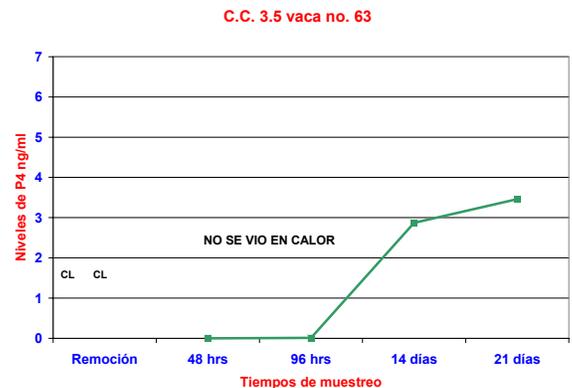
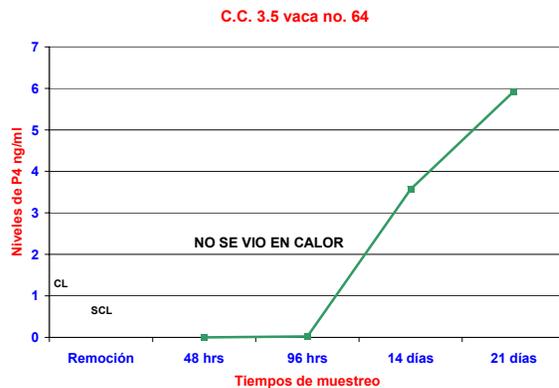
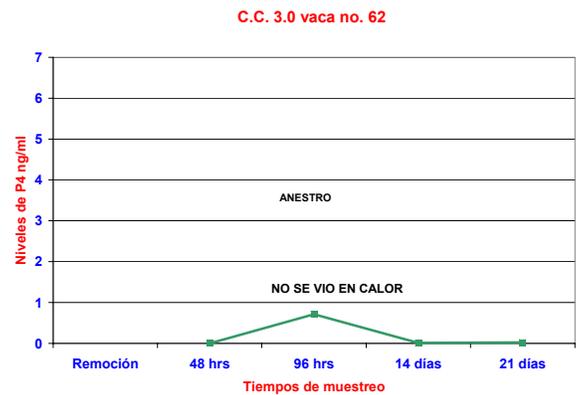
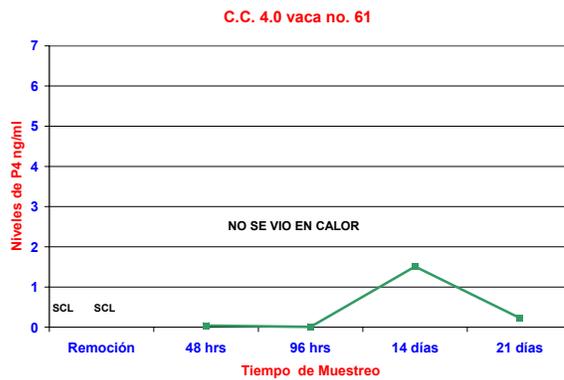
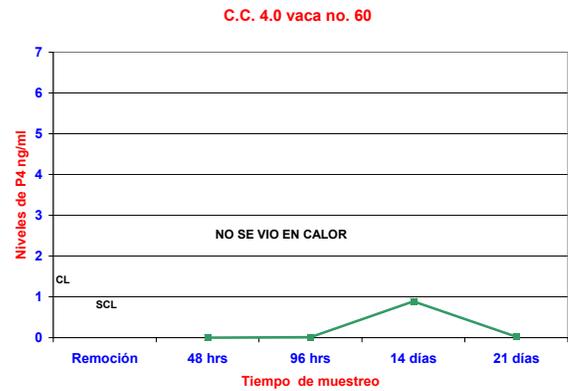
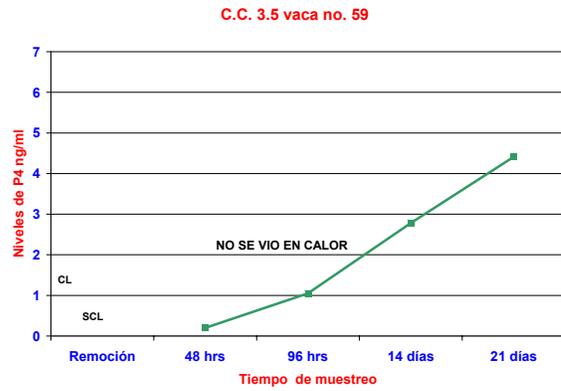
C.C.= Condición corporal
 CL = Con cuerpo lúteo
 SCL= Sin cuerpo lúteo
 E= Estro
 IA= Inseminación Artificial
 E-IA= Intervalo estro a inseminación artificial
 Cerv. Qb.= Cérvix Quebrado

Anexo 7. Representación grafica de los niveles de progesterona de las vacas vacías que no presentaron signos de estro para el tratamiento 1.



C.C.= Condición corporal
 CL = Con cuerpo lúteo
 SCL= Sin cuerpo lúteo

Anexo 8. Representación grafica de los niveles de progesterona de las vacas vacías que no presentaron signos de estro para el tratamiento 2.

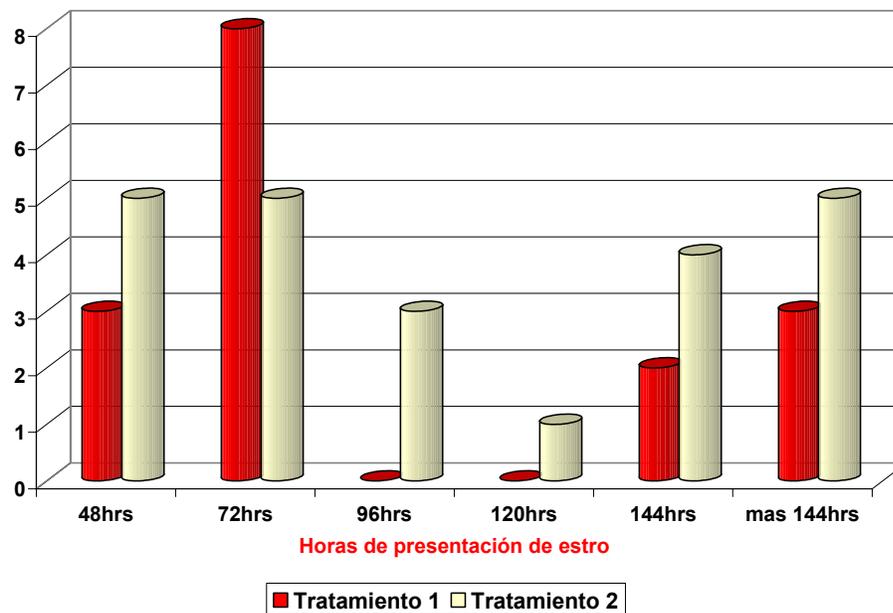


C.C.= Condición corporal
 CL = Con cuerpo lúteo
 SCL= Sin cuerpo lúteo

Anexo 9. Concepción post-inseminación artificial a tiempo fijo.

La Figura 11 muestra el número de vacas que presentaron estro en la fase 2 para los tratamientos estudiados. Se puede observar que tal y como se mostró en la Figura 7 y Figura 8 el 36% de las vacas presentaron estro dentro de las primeras 72 horas posteriores al retiro del dispositivo, mientras que el 18% y 43% de las vacas del tratamiento 1 y 2, respectivamente mostraron estro después de las 72 horas.

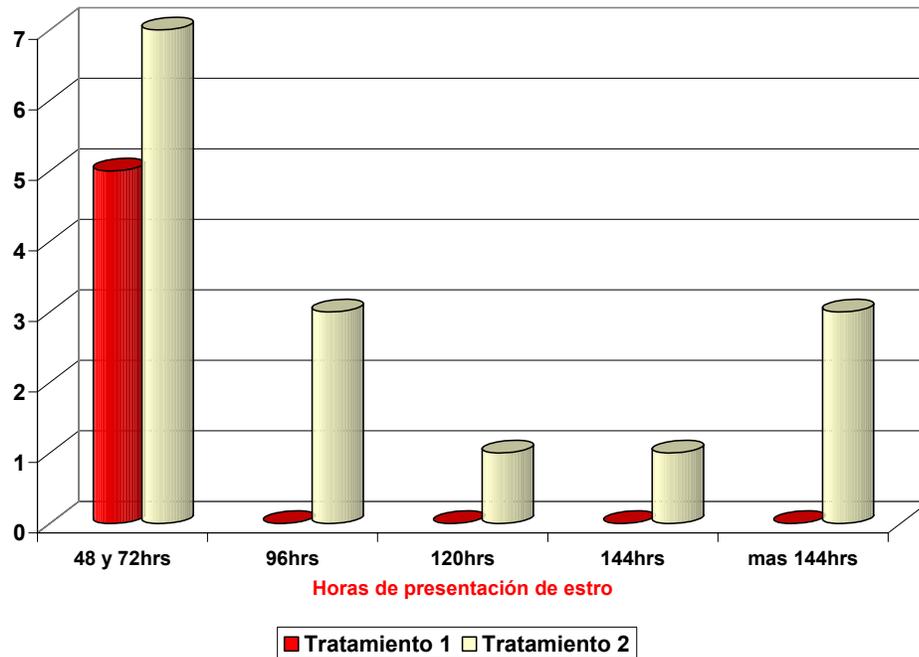
Figura 11. Número de vacas que presentaron estro en la fase 2 para los tratamientos estudiados.



La Figura 12 muestra el número de vacas gestantes de acuerdo al tiempo de presentación del estro en la fase 2. Se puede observar que tal y como se mostró en Cuadro 10 el 21% (12/58) de las vacas quedaron gestantes en el período de inseminación artificial a tiempo fijo (48 y 72 horas). Sin embargo, debido al manejo propio del rancho las vacas que se observaron en estro después

de este período fueron inseminadas, encontrándose que 8 vacas del tratamiento 2 quedaron gestantes. De las cuales 3 eran vacas posparto.

Figura 12. Número de vacas gestantes de acuerdo al tiempo de presentación de estro en la fase 2 para los tratamientos estudiados.



11 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Koopel, R.E.T., et al., *Manejo de ganado bovino de doble propósito en el trópico*. Segunda edición ed. Libro Técnico Núm 5. 2002, Veracruz, México.: INIFAP. CIRGOC. 161.
2. Baruselli, P.S., et al., *The use of hormonal treatments to improve reproductive performance of anestrus beef cattle in tropical climates*. Anim. Reprod. Sci., 2004. **82-83**: p. 479-486.
3. Pérez, H.P., et al., *Comportamiento productivo y reproductivo de vacas de doble propósito en dos sistemas de amamantamiento en el trópico*, in Arch. Latinoam. Prod. Anim. 2001. p. 79-85.
4. Pérez, H.P., *Amamantamiento y su efecto en el comportamiento productivo y reproductivo de vacas de doble propósito en clima cálido*. 2001, Colegio de Posgraduados: Montecillo, Texcoco, Estado de México.
5. Pérez, H.P., W.M. García, and S.J. Gallegos, *Bull exposure and an increased within-day milking to suckling interval reduce postpartum anoestrus in dual purpose cows*. . Animal Reproduction Science, 2002. **74**: p. 111-119.
6. Bó, G.A., P.S. Baruselli, and M.F. Martínez, *Pattern and manipulation of follicular development in Bos Indicus Cattle*. Anim. Reprod. Sci., 2003. **78**: p. 307-326.
7. Perry, G. *The bovine estrous cycle*. 2004 [cited; Available from: <http://agbiopubs.sdstate.edu/articles/FS921A.pdf>].
8. Alemán, S.E. and B.A. García, *Evaluación del diámetro folicular sobre la hora del inicio del celo sincronizado en F1 (Holstein x Cebú)*. 2004, ITA-4: Tamaulipas, México.
9. Esperón, S.A., *Efecto estacional en la fertilidad de las hembras cebuinas inseminadas después de aplicar un implante hormonal*. 1996, Universidad de Colima: Colima.
10. Odde, K.G., *A review of synchronization of estrus in postpartum cattle*. Journal Animal Science, 1990. **683**: p. 817-830.
11. Verduzco, G.A., *Momento de ovulación y presentación de estro en vacas Bos indicus sincronizadas de manera escalonada con un progestágeno sintético (Norgestomet)*. 2001, UNAM-FMVZ: México.
12. Porras, A.A., *Control del estro en ganado Bos indicus en condiciones tropicales: efecto de la utilización del norgestomet combinado con estrógenos*. 1990, UNAM-FMVZ: México.
13. Peeler.D.I., *Synchronization and Resynchronization of Ovulation and Timed Insemination in Lactating Dairy Cows and Heifers*. 2004, Virginia Polytechnic Institute and State University: Blacksburg. V.A.
14. Cavalieri, J. and L.A. Fitzpatrick, *Oestrus detection techniques and insemination strategies in Bos indicus heifers synchronised with norgestomet-oestradiol*. Australian Veterinary Journal, 1995. **72**(5): p. 177-182.

15. Alonso, A.L., *Evaluación de la Inseminación Artificial a tiempo fijo (48-72 hrs.) después de un tratamiento sincronizador sobre la tasa final de preñez en hembras.* 2005, FMVZ-UNAM: México.
16. Thundathil.J., K. J.P., and M. R.J., *The effect of estradiol cypionate (ECP) on ovarian follicular development and ovulation in dairy cattle.* Canadian Journal of Veterinary Research., 1998. **61**: p. 314-316.
17. Martínez, M.F., et al., *The use of a progesterone-releasing device (CIDR-B) or melengestrol acetate with GnRH, LH, or estradiol benzoate for fixed-time AI in beef heifers.* J. Anim. Sci., 2002. **80**: p. 1746-1751.
18. Lamothe, Z.C., G. Fredriksson, and H. Kindahl, *Reproductive Performance of Zebu Cattle in Mexico. 1. Sexual Behavior and Seasonal Influence on Estrous Cyclicity.* Theriogenology, 1991. **36**(6): p. 887-896.
19. Anta, E., et al., *Análisis de la información publicada en México sobre la eficiencia reproductiva de los bovinos.II. Parámetros reproductivos.* Vet. Méx., 1989. **20**: p. 11-18.
20. Galina, C.S. and G.H. Arthur, *Review on Cattle Reproduction in the Tropics. Part 4. Oestrous Cycles.* Animal Breeding Abstracts., 1990. **58**(8): p. 697-703.
21. Zarco, Q.L., *Factores que afectan los resultados de la inseminación artificial en el bovino lechero.* Vet. Méx., 1990. **xxi**(3): p. 235-240.
22. Galina, C.S., *Review of cattle reproduction in the tropics. Part 5. Fertilization and pregnancy.* Animal Breeding Abstract, 1990. **58**: p. 697-707.
23. Macmillan, K.L. and A.J. Peterson, *A new intravaginal progesterone releasing device for cattle (CIDR-B) for oestrous synchronization, increasing pregnancy rates and the treatment of post-partum anoestrus.* . Animal Reproduction Science, 1993. **33**: p. 1-25.
24. Bó, G.A., et al., *The control of follicular wave development for self-appointed embryo transfer programs in cattle.* Theriogenology, 2002. **57**: p. 53-72.
25. Rodríguez, B.J.B., *Métodos de uso de Prostaglandina F2alfa para sincronizar celos y ovulaciones en bovinos para carne: una discusión crítica.* . Agrociencia, 2003. **VII**(1): p. 92-104.
26. Hernández, C.J., *Sincronización de estros utilizando prostaglandinas y/o progestágenos.*, in *Mejoramiento Animal: Reproducción.* 2002, División Sistema Universidad Abierta y Educación a Distancia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. p. 81-86.
27. Cavalieri, J., et al., *Synchronization of estrus and ovulation and associated endocrine changes in bos indicus cows.* Theriogenology, 1997. **47**: p. 801-814.
28. Johnson, S.K., *Possibilities with today's reproductive technologies.* Theriogenology, 2005. **64**: p. 639-656.
29. Porras, A.A. and H.C. Galina, *Utilización de progestágenos para la manipulación del ciclo estral bovino.* Veterinaria México., 1992. **XXIII**(1): p. 31-35.
30. Martínez, M.F., et al., *Induction of Follicular Wave Wmergence for Estrus Synchronization and Artificial Insemination in Heifers.* . Theriogenology, 2000. **54**: p. 757-769.

31. Lammoglia, M.A., et al., *Induced and synchronized estrus in cattle: dose titration of estradiol benzoate in peripubertal heifers and postpartum cows after treatment with an intravaginal progesterone-releasing insert and prostaglandin F2a*. J. Anim. Sci., 1998. **76**: p. 1662-1670.
32. Colazo, M.G., J.P. Kastelic, and R.J. Mapletoft, *Effects of Estradiol Cypionate (ECP) on Ovarian Follicular Dynamics, Synchrony of Ovulation, and Fertility in CIDR-based, fixed-time AI Programs in beef heifers*. Theriogenology, 2003. **60**: p. 855-865.
33. Miranda, B.F., *Efecto del amamantamiento, condición corporal y sincronización del estro sobre la eficiencia reproductiva en vacas cebú (Bos indicus) en el trópico húmedo de México*. 2000, FMVZ-UNAM: México.
34. Albarrán, C.A., *El uso de herramientas reproductivas para aumentar las tasas de sincronización del estro y de concepción en ganado Cebú (Bos indicus)*. 2006, FMVZ-UNAM: México.
35. Uribe, L.A., *Efecto del tratamiento con CIDR-B sobre las características del cuerpo lúteo y fertilidad en vacas Cebú (Bos indicus) en anestro*. 2001, Escuela Centroamericana de Ganadería de Costa Rica: Martínez de la Torre, Veracruz, México.
36. Bridges, P.J., et al., *Follicular Growth, Estrus and Pregnancy after fixed-time Insemination in Beef Cows Treated with Intravaginal Progesterone Inserts and Estradiol Benzoate*. Theriogenology, 1999. **52**: p. 573-583.
37. Hernández, C.J., *Inseminación artificial: factores que determinan la fertilidad.*, in *Mejoramiento Animal. Reproducción. Bovinos*. 2005, División del Sistema de Universidad Abierta y educación a distancia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México.: México. p. 123-133.
38. Corro, M.M., *Factores que determinan la adopción de tecnología en el área de reproducción en el ganado bovino.*, in *3as Jornadas Bovinas*. 2007, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México.: México.
39. Galina, C.S., A. Orihuela, and I. Rubio, *Behavioural trends affecting oestrus detection in Zebu cattle*. Animal Reproduction Science, 1996. **42**: p. 465-470.
40. Maquívar, L.M., *Conducta estral, actividad folicular y concentración de hormona luteinizante (LH) y progesterona (P4) en vacas Brahman posterior a un programa de sincronización*. 2001, UNAM - FMVZ: México.
41. Moreno, B.A., R.J. Hervás, and F. Chacón, *Significado patológico de la imagen ultrasónica en pequeños animales*. . 2005, Asociación Española de Veterinarios Especialistas en Diagnóstico por Imagen.
42. García, A., et al., *Monitoring follicular development in cattle by real-time ultrasonography: a review*. Veterinary Record, 1999. **145**(334-340).
43. Smith, S.T., W.R. Ward, and H. Dobson, *Use of ultrasonography to help to predict observed oestrus in dairy cows after the administration of prostaglandin F2 alfa*. Veterinary Record, 1998. **142**: p. 271-274.
44. Gutiérrez, A.C., et al., *Predictive value of Palpation per Rectum for Detection of the CL in Zebu Cattle as Evaluated by Progesterone Concentrations and Ultrasonography*. Theriogenology, 1996. **46**: p. 471-479.

45. Pulido, A., et al., *Progesterone Metabolism During Storage of Blood Samples from Gyr Cattle: Effects of Anticoagulant, Time and Temperature of Incubation*. Theriogenology, 1991. **35**(5): p. 965-975.
46. Gasque, G.R. and M.E. Posadas, *Condición corporal.*, in *Requerimientos nutricionales del ganado bovino lechero*. 1998, División del Sistema de Universidad Abierta y educación a distancia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México.: México. p. 6-12.
47. Molina, M.O., *Sincronización de estros en vacas cebú mediante implantes reciclados de progestagenos y la posterior aplicación de prostaglandinas*. 2001, FMVZ-UNAM: México.
48. Martínez, M.F., et al., *Estrus synchronization and pregnancy rates in beef cattle given CIDR-B, prostaglandin and estradiol or GnRH*. Can. Ven. J., 2000. **41**: p. 786-790.
49. Landivar, C., et al., *Fertility trial in Zebu Cattle after a Natural or Controlled Estrus with Prostaglandin F_{2alpha}, comparing natural mating with Artificial Insemination*. Theriogenology, 1985. **23**(3): p. 421-429.
50. Cavalieri, J., et al., *Effect of 48 h treatment with 17_{beta}-oestradiol or progesterone on follicular wave emergence and synchrony of ovulation in Bos indicus cows when administered at the end of a period of progesterone treatment*. . Animal Reproduction Science, 1997. **46**: p. 187-201.