



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILÁN

**FERTILIDAD DE VACAS CEBUINAS SINCRONIZADAS CON
CRESTAR E INSEMINADAS CON SEMEN CONGELADO
DE TOROS *Bos taurus* EN EL TRÓPICO HÚMEDO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

PRESENTA:

Sandra Chávez Flores

ASESOR: Dr. Benito López Baños

COASESOR: Dr. Armando Enrique Esperón Sumano



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

Agradecimientos:

*Mira que te mando que te esfuerces y seas valiente:
no temas ni desmayes, porque Jehová tu Dios
será siempre contigo en donde quiera que fueres.*

A Dios

Mi Señor gracias por haber llegado a mi vida, por permitirme alcanzar esta meta, por colmarme de tantas bendiciones, por guiar mi camino, por ser mi luz, mi roca, mi consuelo y porque la fe en ti es mi fuerza para seguir adelante.

A mi madre

Por ser la mujer más noble, honesta, y trabajadora que he conocido, quien con sus sacrificios, desvelos, su amor y comprensión ha logrado sacar adelante a nuestra familia. Gracias por apoyar y respetar siempre mis decisiones, por ser mi ejemplo, mi orgullo y por ser la mejor madre que pude haber tenido. Mamá, todo mi trabajo va dedicado a ti. Te amo.

A mis hermanos

Charo, Bety y Lalo por estar presentes apoyándome en todo las circunstancias posibles, por los buenos y los malos momentos que nos toco compartir, por cuidarme, por regañarme y preocuparse siempre por mí, porque han influido positivamente en mi vida y este logro también es gracias a ustedes.

A mi novio eterno

Gracias mi amor por haber estado conmigo todos estos años, por apoyarme, por cuidarme y acompañarme en todo momento, por ayudarme a crecer y madurar como persona, por todo el amor que me has dado y todo lo que has hecho por mí, por hacer mi vida más feliz y también por hacerme una mujer más fuerte, porque a pesar de todo has sido y serás siempre el amor de mi vida.

A mis asesores:

Dr. Benito López, por haber creído en mí, por haberme apoyado desde el principio, por impulsarme a ser mejor cada día, por su respaldo incondicional, por compartirme su tiempo y conocimiento, por que sin su ayuda no hubiera sido posible este trabajo. Por ser más que un maestro, un amigo. Mil gracias, con profundo aprecio y admiración.

Dr. Enrique Esperón, por su gran ayuda y generosidad, por su valiosa experiencia y enseñanza, por el enorme entusiasmo y las ganas de trabajar que siempre transmite, por que como profesor me enseño por el ejemplo de superación como profesional pero sobre todo por su real valor como persona.

A mis amigas

Bricia y Eli por haberme brindado su amistad, su apoyo y lealtad, por las largas horas de estudio, de aprendizaje y recreación que compartimos, por aconsejarme, motivarme y acompañarme durante estos 5 años, a través de esta hermosa carrera, por ser mis compañeras, mis amigas y confidentes.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por darme un lugar en ésta “la máxima casa de estudios” a la cual estoy orgullosa de pertenecer y a quien espero algún día poder retribuir de algún modo, parte de todo lo que me ha dado.

A todas esas bellas criaturas, llámense perros, vacas, borregos, caballos, aves, etc., que contribuyeron con sus cuerpos y sus vidas para que pudiese aprender a cuidarlos, a sanarlos, a hacerlos producir en las mejores condiciones, en quienes ejerceré mi profesión con el trato y respeto que merecen. Gracias por hacernos compañía, por darnos alimento, por hacernos sentir más cerca de la naturaleza y más cerca de Dios.

Por último quiero agradecer a los Laboratorios Intervet Schering-Plough Salud Animal, la donación de los implantes usados en este trabajo.

También al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), del cual recibí la financiación para la impresión de esta tesis, por parte del Proyecto SNI-Fondo Conacyt 2008-2009 No. 103480: Mejoramiento genético y reproductivo del Ganado bovino en México. Convocatoria 2008 de apoyo para investigadores nacionales para el fortalecimiento de actividades de tutoría y asesoría de estudiantes de licenciatura. Gracias al Dr. Salvador Romo responsable del proyecto.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
1. REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
1.1. El ciclo estral bovino.....	7
1.1.1. Fases del ciclo estral.....	7
1.1.1.1. Fase folicular o de regresión lútea (proestro).....	7
1.1.1.2. Fase periovulatoria o estrógena (estro y metaestro).....	8
1.1.1.3. Fase lútea (diestro).....	9
1.1.2. Control neuroendócrino.....	9
1.1.3. Dinámica folicular.....	10
1.1.4. Ovulación, desarrollo del cuerpo lúteo y luteólisis.....	11
1.2. Reinicio de la ciclicidad ovárica posparto.....	12
1.3. Anestro posparto.....	14
1.3.1. Efecto del amamantamiento en el anestro posparto.....	14
1.3.2. Efecto de la nutrición en el anestro postparto.....	16
1.4. Detección de estros.....	16
1.4.1. Efecto de la época del año en la detección de estros.....	17
1.5. Comportamiento reproductivo del ganado cebú.....	18
1.6. Inseminación Artificial.....	19
1.7. Control del ciclo estral bovino (sincronización).....	20
1.7.1. Hormonas utilizadas en la sincronización de estros.....	23
1.7.1.1. Progestágenos.....	23
1.7.1.2. Estrógenos.....	25
1.7.1.3. Prostaglandinas.....	26
1.7.1.4. Hormona Liberadora de Gonadotrofinas (GnRH).....	27
1.7.1.5. Gonadotrofinas.....	28
1.8. Programas de sincronización con Crestar.....	29

2. OBJETIVO GENERAL.....	32
2.1. OBJETIVOS PARTICULARES.....	33
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
4. RESULTADOS.....	36
4.1. Actividad ovárica.....	36
4.2. Tasa de sincronización.....	36
4.3. Tasa de gestación.....	37
4.4. Correlación entre variables.....	37
5. DISCUSIÓN.....	39
5.1. Actividad ovárica.....	39
5.2. Tasa de sincronización.....	39
5.3. Tasa de gestación.....	40
5.4. Correlación entre variables.....	43
6. CONCLUSIONES.....	44
7. RECOMENDACIONES.....	44
8. BIBLIOGRAFÍA.....	45

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la eficacia del tratamiento hormonal Crestar (norgestomet-estradiol), como sincronizador de estros y como alternativa en el manejo reproductivo del ganado *Bos indicus* en el trópico, se utilizaron 55 hembras cebuinas con cría al pie y condición corporal entre 2 y 2.5 (escala de 1 a 5), se examinaron por medio de palpación transrectal registrando su actividad ovárica. El tratamiento consistió en la inserción de un implante auricular con 3mg de norgestomet, al mismo tiempo de una inyección IM con 3mg de norgestomet y 5mg de valerato de estradiol. La duración del implante fue de 9 días, posteriormente se observaron estros a partir de las 24 hrs, hasta las 72 hrs pos retiro del implante. Las hembras se inseminaron artificialmente con semen de toros *Bos taurus*, de 6 a 12 hrs posteriores a la detección del estro. Los resultados obtenidos fueron: tasa de sincronización del 100% (40% al 1er día, 41.82% al 2do día y 18.18% al 3er día después de retirar el implante); porcentaje de no repetición entre los 20 y 22 días posinseminación de 67.23%; la tasa de gestación a los 90 días fue de 32.73%, lo cual resultó ser significativamente inferior ($P < 0.05$) al promedio (50%), registrado bajo el esquema tradicional de monta directa utilizado en el trópico; la actividad ovárica previa a la sincronización (50.98% de vacas en proestro, 15.69% en diestro y 33.33% en anestro) se encontró relacionada a la tasa de gestación, mediante tablas de independencia (J_i cuadrada), observándose un mayor porcentaje de gestación (62.5%) en diestro.

Se concluye que debido a las condiciones del estudio y en base a los resultados obtenidos, el uso del tratamiento hormonal norgestomet-estradiol representa una alternativa para sincronizar un alto porcentaje de estros y para mejorar los índices reproductivos del ganado cebuino en el trópico.

INTRODUCCIÓN

Las actividades pecuarias hoy en día, mantienen una gran importancia en el contexto socioeconómico mundial, ya que al igual que el resto del sector primario, han servido de base en el desarrollo de la industria nacional, proporcionando alimentos, materias primas, divisas y empleo, distribuyendo ingresos en el sector rural (SIAP, 2004).

El sector ganadero en México ha sido tradicionalmente dominado por los bovinos. En la actualidad la producción de carne, es la actividad productiva más diseminada en el medio rural, pues se realiza sin excepción en todas las regiones ecológicas del país y aún en condiciones adversas de clima (SAGARPA, 2005).

La producción de ganado bovino en México se desarrolla bajo diferentes contextos agroclimáticos, resumiéndose en 3 principales regiones ecológico-ganaderas: la región del norte, centro y sur de México (FAO-SAGARPA, 2001).

En la zona norte predomina la región árida y semiárida descrita por De Alba (1976). En esta región se ubica el 30% del hato cárnico nacional (SIAP, 2004). La cría bovina extensiva es uno de las principales sistemas de producción animal en el norte de México, aquí predominan las razas europeas puras como la Hereford, Angus y Charolais, se caracteriza por ser una región donde se desarrollan los sistemas de producción vaca-becerro y engorda en corral, donde la mayoría de los terneros son exportados a Estados Unidos y el resto permanece en la región para ser finalizados. La lechería intensiva basada en forrajes sembrados es también un sistema importante en Chihuahua, Coahuila y Durango. En Baja California Norte, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Nuevo León y Zacatecas el énfasis está en la carne vacuna, la cual está basada en sistemas de praderas naturales y pasturas (Galina y Guerrero, 1993).

La región templada descrita por De Alba (1976) prevalece en el centro de México y corresponde al 26% del hato mexicano (SIAP, 2004). Debido a la alta densidad demográfica y a la mezcla de culturas, en esta región se encuentran varios sistemas de producción. La lechería intensiva basada en alfalfa y maíz forrajero es el principal sistema; además sistemas lecheros familiares también tienen un papel importante en esta región. En las últimas décadas esta región produjo el 27 por ciento de la carne vacuna

nacional en los sistemas intensivos donde son terminados los becerros provenientes de otras regiones (Améndola, 2002).

Por último, la región sur de México correspondiente a las zonas tropicales descritas por De Alba (1976), representa aproximadamente el 25% del territorio nacional. En la región tropical predomina el mayor porcentaje de cabezas de ganado productor de carne (44%) (SIAP, 2004). Destacan las razas *Bos indicus* y sus cruzas con razas europeas. Es una zona natural proveedora de becerros para engorda y finalización en corrales, así como de carne en canal para el abasto del DF y área metropolitana. En esta región se aprovecha la abundante producción de forrajes debido a las características ecológicas de la zona, son comunes en esta región los sistemas de producción de doble propósito dirigidos a producir leche y terneros (Améndola, 2002).

La producción vacuna en el sur de México está más claramente dirigida hacia la carne que en el resto del país (Galina y Arthur, 1989).

El ganado cebuino que prevalece en el trópico constituye la mayor población ganadera de carne (Orihuela y Galina 1997; Bo *et al.*, 2003; Nogueira, 2004). Sin embargo la ganadería del trópico es de baja productividad, siendo una de las principales razones su baja eficiencia reproductiva (Anta *et al.*, 1989). En esta región los animales habitan en un medio ambiente complejo debido a diversos factores que están a su alrededor, cuyas interacciones influyen disminuyendo su potencial genético (Carmona, 1980).

El trópico se caracterizan por presentar una temperatura y humedad elevadas, lo cual afecta directamente la capacidad reproductiva del ganado, al desencadenar alteraciones fisiológicas que intervienen en la presentación del estro y disminuyen la fertilidad como respuesta al estrés provocado por las condiciones climáticas, así como indirectamente disminuyendo la cantidad y calidad del forraje disponible que resulta en una reducción de la habilidad productiva del ganado bovino (Thatcher y Collier, 1986). El estrés calórico inhibe la ciclicidad, lo que afecta la presentación de la pubertad y el reinicio de la actividad ovárica postparto (Kruif, 1978; Lozano *et al.*, 1992).

Diversos estudios con ganado cebú bajo condiciones tropicales, concuerdan en que esta especie se caracteriza por obtener bajos índices reproductivos en general (Galina *et al.*, 1986; Anta *et al.*, 1989), mencionándose tasas de parición anual de alrededor del 50% (Kruif, 1978; Hinojosa y Segura, 1986; Segura y Rodríguez, 2000; Córdova y Pérez, 2002), intervalos parto primer servicio de 8.5 meses e intervalos entre partos de alrededor de 18 meses (Baca *et al.*, 1998).

Otros estudios sobre indicadores reproductivos en el trópico mexicano, reportan datos como el inicio de la pubertad a los 17 meses, edad al primer servicio de 24 meses y edad al primer parto de 35 meses; así como primer estro postparto a los 78 días, primer servicio a los 102 días e intervalo entre partos de 447 días en promedio (Córdova y Pérez, 2002).

Los aspectos que probablemente tienen mayor peso en la eficiencia reproductiva de los bovinos cebú explotados en condiciones tropicales, son la deficiente detección de celos y el anestro postparto (Vaca *et al.*, 1985; Borchert *et al.*, 1999).

La baja detección de estros puede ser explicada debido a que el ganado cebuino no demuestra claramente los signos del estro registrándose que en condiciones naturales solo entre el 17 y 20% de los signos intensos de celo pueden ser observados (Galina *et al.*, 1982).

También se ha determinado una amplia variación en la duración del estro atribuida entre otros factores a la raza y la época del año, demostrándose que el celo en hembras *Bos indicus* es significativamente más corto y su manifestación es menos evidente, comparada con la reportada para el ganado *Bos taurus* y adicionalmente ocurre con más frecuencia durante la noche (Galina *et al.*, 1982).

Aunque son muchos los factores que influyen en el anestro posparto tales como la raza, edad, número de partos, producción de leche o habilidad materna, época de partos, presencia o ausencia de toro, estado general de salud, etc; la nutrición reflejada en la condición corporal de la vaca y el amamantamiento continuo o la presencia del ternero al pie son los mayores causales que retrasan la recuperación de la actividad ovárica luego del parto en el ganado bovino productor de carne (Mattoni *et al.*, 1988).

Adjuntamente existen factores genéticos que influyen negativamente en la reanudación de secreción de gonadotropinas para propiciar la ciclicidad ovárica postparto. El genotipo de los *Bos indicus* puros hace que se vean más afectados tanto por los efectos negativos de la lactancia, como de la nutrición, que la mayoría de hembras *Bos taurus*. El cruzamiento, ya sea dentro de una especie o entre especies resulta en un mejor desempeño reproductivo, incluyendo una reducción de la duración del intervalo entre partos (Javier, 1990).

Debido a los bajos parámetros reproductivos del ganado cebú en el trópico, ha sido necesario buscar mecanismos que permitan mejorar la capacidad reproductiva y en consecuencia la productividad en estos animales, aprovechando su adaptación al clima (Porrás y Galina, 1991).

Una de las alternativas para superar los problemas asociados con el bajo rendimiento reproductivo en ganado cebú, ha sido la modificación de la base genética, que incluye la selección de animales de mayor producción resistentes a las condiciones climáticas; así como el cruzamiento de animales europeos de alta producción en ambientes templados con animales tipo cebú caracterizados por su adaptabilidad al ambiente tropical, su resistencia a enfermedades y su habilidad en la utilización de forrajes con alto contenido de fibra (Javier, 1990).

Una de las tecnologías que ha contribuido de forma importante en el mejoramiento genético es la inseminación artificial, sin embargo su aplicación en explotaciones extensivas, es muy limitada, debido principalmente a las dificultades de manejo animal, comportamiento indócil, y dificultades en la detección de celo (Dejarnette *et al.*, 2004).

El desarrollo de protocolos para hacer uso de la inseminación artificial, requiere la implementación de programas de sincronización de estros, que permitan inducir celos fértiles en un tiempo predecible, de manera que se elimine el tiempo y labor requeridos para detectar el celo, para lograr esto se debe controlar el ciclo estral por técnicas que sean capaces no sólo de sincronizar los celos sino también de inducirlo en vacas en anestro (Penny *et al.*, 1997).

Las principales ventajas que se mencionan sobre el uso de los programas de sincronización, incluye el que varias hembras presentan estro a un tiempo determinado, lo que facilita la inseminación artificial, la transferencia de embriones u otras técnicas de reproducción, además de que el tiempo y labor requeridos para la detección del estro se reduce, disminuyendo de este modo los costos asociados con la realización de esta tarea (Kiracofe *et al.*, 1988).

La manipulación del ciclo estral bovino se ha realizado bajo distintos tratamientos hormonales que producen diversos grados de sincronización (Macmillan y Petersen, 1993).

El uso de progesterona sintética combinado con estrógenos o la combinación de la hormona liberadora de gonadotrofinas (GnRH) con prostaglandina F2 alfa (PGF2 α), son algunas de las terapias hormonales con resultados alentadores en la sincronización del estro en vacunos (Evans *et al.*, 1994).

Varios estudios demuestran que los análogos sintéticos de la progesterona tienen un efecto fisiológico parecido a la progesterona biológica, con la capacidad de inducir estro y la ventaja de poder iniciar la ciclicidad en animales acíclicos durante el periodo de

sincronización, lográndose hasta 90% de animales en estro en las primeras 48 hrs posteriores al término del tratamiento (Burke *et al.*, 1994; Macmillan y Petersen, 1993). Los estudios que evalúan la efectividad de tratamientos sincronizantes a base de progestágenos y estrógenos, revelan que un alto porcentaje de animales exhiben signos de estro en forma muy temprana después de la supresión del tratamiento y en forma altamente sincrónica (77%-100%), sin embargo la fertilidad del estro es variable (33%-68%) (Gutiérrez *et al.*, 1995).

El implante hormonal Crestar es un progestágeno más un estrógeno (norgestomet-estradiol), utilizado con buenos resultados en los últimos años para la sincronización de estros, se ha seleccionado por su fácil modo de administración (en implantes subcutáneos), y poder ser aplicado en cualquier etapa del ciclo estral, produciendo conducta estral manifiesta para la utilización de servicio a celo detectado ó a tiempo fijo. Además, los programas de sincronización basados en norgestomet-estradiol tienen la ventaja que los animales necesitan poco manejo, reduciendo con ello las pérdidas por estrés y evitando el incremento en los costos de alimentación y mano de obra (Geary *et al.*, 1997).

El presente estudio se realizó con el propósito de evaluar, en base a la tasa de gestación, la eficacia del tratamiento hormonal Crestar, el cual es ampliamente utilizado en la sincronización de estros y como alternativa en el manejo reproductivo, para mejorar los índices productivos y acelerar el progreso genético del ganado cebuino en condiciones tropicales.

1. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. EL CICLO ESTRAL BOVINO

El ciclo estral bovino se puede definir como un suceso reproductivo que ocurre en la vida de las hembras al iniciar la pubertad, reúne una serie de acontecimientos que se repiten en cada ciclo y comienza con el estro, período que se caracteriza por la receptividad sexual, siendo la fase más identificable del ciclo y finalizando con el subsiguiente estro (Callejas, 2004).

1.1.1. FASES DEL CICLO ESTRAL

El ciclo estral bovino tiene una duración promedio de 21 días (rango de 17 a 25 días), está caracterizado por una secuencia repetida de eventos endócrinos y físicos, que comprometen la interacción entre hormonas relacionadas con el hipotálamo, hipófisis anterior, ovario y útero. Cada ciclo está claramente dividido en una fase folicular y en una fase lútea (Ruckebusch *et al.*, 1994, Callejas, 2004).

1.1.1.1. Fase folicular o de regresión lútea (proestro)

Este período dura entre 2 a 3 días previos al inicio del celo, comienza con la regresión del cuerpo lúteo del ciclo anterior y finaliza con la manifestación del celo. Se caracteriza por el desarrollo y preparación de los folículos para la ovulación así como por la producción de estradiol. Al producirse la destrucción del cuerpo lúteo, ocurre una rápida caída en los niveles de progesterona, ocasionando como consecuencia el comienzo en la producción de las hormonas gonadotróficas (FSH y LH) que estimulan el crecimiento folicular con el desarrollo de un folículo dominante y el aumento en los niveles de estradiol. Cuando los estrógenos alcanzan cierto nivel, se estimula la receptividad al macho y comienza el período de celo o estro (Callejas, 2004).

1.1.1.2. Fase periovulatoria o estrogénica (estro y metaestro)

Comienza con la actitud típica de celo y la receptividad al macho e involucra todos los cambios que permiten la ovulación y el comienzo de la formación del cuerpo lúteo. El

celo es más corto y menos evidente en los animales tipo cebú, comparados con las razas europeas. En los animales de las razas europeas, la duración del celo varía entre 3 y 26 horas con un promedio de 14 horas, mientras que en los animales cebú el rango es de 2 a 22 horas con un promedio de 7 horas (Galina y Arthur, 1990).

Durante este periodo, los estrógenos en altas concentraciones alcanzan el umbral de estimulación a las neuronas hipotalámicas para producir el pico de GnRH y en consecuencia el pico de LH (Galina y Arthur, 1990).

El crecimiento folicular induce a una mayor concentración de estrógeno que termina regulando la liberación de LH. La liberación de LH ocurre en forma de pico, aproximadamente 6 horas antes de ocurrida la ovulación. Posteriormente, 4 a 12 horas después de la onda de LH, se incrementan la producción de FSH relacionándose con la primer onda de crecimiento folicular (Roche *et al.*, 1992).

En el estro el útero presenta un miometrio engrosado e hipertónico y secreta grandes cantidades de moco claro, viscoso y adherente que puede escurrir de la vulva. En términos de conducta el estro se caracteriza por nerviosismo, la vaca puede mugir con frecuencia y por lo general no presentan apetito. También exhiben conducta homosexual al montar otras vacas, el moco vaginal que contiene feromonas estimula sexualmente a los machos (Ruckebusch, 1994).

La fase siguiente a la finalización del celo, es el metaestro, su duración es entre 3 y 6 días. En este período ocurre la ovulación entre 24 y 36 horas del inicio del celo y es desencadenada por el pico preovulatorio de LH (Callejas, 2004).

En la formación del cuerpo lúteo (luteinización), se producen una serie de cambios que permiten que las células foliculares se transformen en células luteales, cambios que finalizan al séptimo día con un cuerpo lúteo funcional (CL) responsable de la secreción de progesterona, que ejerce un efecto negativo principalmente sobre la liberación de LH. (Callejas, 2004).

1.1.1.3. Fase lútea (diestro)

El diestro se caracteriza por el dominio del cuerpo lúteo y el incremento en las concentraciones de progesterona, siendo la fase más larga del ciclo estral con una duración entre 10 y 14 días. Este periodo finaliza con la secreción de prostaglandina F2 α , la regresión del CL y la reducción de la producción de progesterona. Si el óvulo resulta fecundado, el CL se desarrollará en un órgano completamente funcional que

producirá grandes cantidades de progesterona necesaria para el mantenimiento de la gestación. Por el contrario, si el óvulo no es fecundado, el CL permanece funcional hasta el día 17 ó 18 del ciclo cuando sufre regresión restableciéndose nuevamente el ciclo (Hafez, 2002).

1.1.2. CONTROL NEUROENDÓCRINO

El control del ciclo estral bovino está dado por una compleja interacción entre hormonas reguladas por el eje hipotálamo-hipófisis-ovario-útero. Las principales hormonas secretadas por estas estructuras son: la hormona liberadora de las gonadotrofinas (GnRH), la hormona folículo estimulante (FSH), la hormona luteinizante (LH), el estradiol (E2), la progesterona (P4) y la prostaglandina F2 alfa (PGF2 α) (Hafez, 2002).

La GnRH producida en el hipotálamo atraviesa el sistema porta hipotalámico-hipofisario hacia la adenohipófisis donde su función es inducir la síntesis y liberación de las dos hormonas glucoproteicas hipofisarias; la FSH y la LH, las cuales se encargan de controlar la actividad ovárica. Parte del flujo venoso de salida de la hipófisis anterior es de tipo retrógrado, lo que expone al hipotálamo a altas concentraciones de LH y FSH, este flujo sanguíneo le da a la hipófisis el mecanismo de retroalimentación para regular las funciones del hipotálamo (Hafez, 2002).

La producción basal de FSH y LH es pulsátil, es decir con regulación de frecuencia y amplitud durante la mayor parte de la vida reproductiva de las hembras bovinas, sin embargo cerca de la ovulación, una fuente masiva de LH se produce por una cascada de retroalimentación positiva de altas concentraciones de estradiol. Ambas hormonas gonadotróficas inician y conservan los procesos reproductivos en las hembras y contribuyen a los fenómenos reproductivos conocidos como ciclo estral. La FSH promueve los procesos de crecimiento y maduración del folículo ovárico, mientras que la LH interviene en la ovulación, formación y mantenimiento del cuerpo lúteo (CL), permitiendo la síntesis y secreción de progesterona, por parte del CL. Los niveles basales de LH, actúan conjuntamente con la FSH para inducir la secreción de estrógenos del folículo ovárico maduro. La oleada preovulatoria de LH es causante de la ruptura de la pared folicular y de la ovulación (Ruckebusch *et al.*, 1994).

Los estrógenos y la progesterona son hormonas esteroideas producidas en el ovario. El folículo ovárico se encarga de sintetizar estrógenos, los cuales a su vez están directamente involucrados en el desarrollo y maduración folicular. Los estrógenos a

nivel uterino provocan hipertrofia de la capa muscular y la proliferación de células y glándulas endometriales que aumentan su secreción durante el estro, también producen relajación del cérvix así como congestión y edema vulvar. En el sistema nervioso central estimulan la conducta de celo (Hafez, 2002).

La progesterona es producida por el cuerpo lúteo, esta hormona es determinante para el establecimiento y duración del ciclo estral, además prepara al útero para el implante embrionario y mantenimiento de la gestación (Hafez, 2002).

La PGF2 α producida en el útero, interviene en la regulación del ciclo estral mediante su efecto luteolítico causando una rápida regresión del CL y declinación en la producción de progesterona. La PGF2 α tiene también un efecto directo sobre el músculo liso uterino causando contracción y un efecto relajante en cérvix (Ruckebusch *et al.*, 1994).

1.1.2. DINÁMICA FOLICULAR

El desarrollo de folículos en los ovarios de la vaca se inicia desde la etapa fetal, convirtiéndose durante la madurez, en una secuencia de eventos dinámicos que suceden en ondas de crecimiento y regresión de folículos. En las hembras bovinas usualmente se presentan 2 ó 3 oleadas de crecimiento folicular durante cada ciclo estral (Savio *et al.*, 1990).

La dinámica folicular consiste en una serie de procesos de continuo desarrollo sincrónico de varios folículos que crecen por pocos días, seguida por la elección y crecimiento de un folículo dominante o preovulatorio y la supresión de los subordinados (Short *et al.*, 1990).

Un folículo emerge de una oleada folicular y persiste para producir grandes cantidades de estrógenos, mientras que inhibe el desarrollo de los otros folículos produciendo su atresia, una vez que el folículo dominante ha alcanzado su máximo crecimiento durante la fase lútea también sufre regresión. Cada oleada de crecimiento folicular es precedida por un incremento transitorio en la concentración de FSH circulante (Turzillo y Fortune, 1990).

El crecimiento de los folículos pertenecientes a una oleada, comienza a disminuir cuando el folículo más grande tiene un diámetro de 4 a 5 mm. El diámetro promedio del folículo de mayor tamaño al momento de la desviación folicular ha sido determinado en aproximadamente 8.5 mm, tiempo en el cual adquiere la capacidad de ser dominante. De esta forma se ha definido al folículo dominante como aquel que tiene un diámetro

mínimo de 8.5 mm y una diferencia de 1.5 mm con respecto al folículo que le sigue en tamaño (Austin *et al.*, 1999).

El folículo dominante ejerce inhibición sobre los subordinados al interferir con su aporte de gonadotrofinas, haciendo que disminuyan su tamaño y sufran atresia, evitando así su propia atresia e incrementando su sensibilidad a las gonadotrofinas y su posibilidad de ovular. El folículo dominante inhibe el crecimiento del resto produciendo sustancias esteroideas (estradiol) y no esteroideas (inhibina y folistatina), que actúan sobre la hipófisis reduciendo la secreción de FSH hasta niveles insuficientes para los folículos pequeños, provocando su atresia (Lucy *et al.*, 1992).

1.1.3. OVULACIÓN, DESARROLLO DEL CUERPO LÚTEO Y LUTEÓLISIS

La ovulación se puede definir como la degradación de la membrana del folículo, resultando en la liberación del óvulo. La degradación y subsiguiente remodelación del tejido folicular son procesos importantes asociados con la ruptura del folículo al momento de la ovulación y con la formación del cuerpo lúteo (Hafez, 2002).

Después del momento de la ovulación, continúa una hemorragia profusa provocando que el folículo lleno de sangre y ya desprovisto del óvulo se convierta en el cuerpo hemorrágico (CH), éste sirve como medio nutritivo para la proliferación de las células luteínicas. El desarrollo inicial del CL toma aproximadamente 3 días en los bovinos (día 2 al 5 del ciclo estral), el tamaño del CL se incrementa más de 20 veces durante su desarrollo y tiene una de las tasas más altas de flujo sanguíneo por unidad de tejido que cualquier órgano del cuerpo (Lucy *et al.*, 1992).

La fase de luteinización del ciclo estral está dirigida por una secreción ovárica de progesterona y por una reducción en el número de pulsos de LH. En el momento de la regresión lútea se produce una rápida disminución en el peso del cuerpo lúteo y en el tamaño de las células (Callejas 2004).

La $PGF2\alpha$ de origen uterino es el principal agente luteolítico que llega al ovario mediante un mecanismo de contracorriente establecido entre la vena uterina y la arteria ovárica. En el útero no grávido la $PGF2\alpha$ que se produce a nivel local, pasa a la vena uterina, que se rodea por ramificaciones de la arteria ovárica y llega al CL por intercambio a contracorriente entre la vena uterina y la arteria ovárica (Ruckebusch *et al.*, 1994).

La $PGF2\alpha$ provoca una serie de cambios en el cuerpo lúteo que llevan a la lisis del mismo. Entre estos, se mencionan: disminución en la fluidez de las membranas, disminución de antioxidantes en el cuerpo lúteo, aumento en la formación de radicales superóxidos y de la actividad de enzimas proteolíticas, además de la acción vasoconstrictora en la rica microvasculatura de CL. La $PGF2\alpha$ también puede estimular la producción de oxitocina que ayuda a promover la luteólisis. En consecuencia se produce una regresión funcional caracterizada por una disminución en la producción de progesterona y una regresión estructural determinada por la degradación de tejido. Todo esto culmina que en el lugar donde había una glándula productora de progesterona que ocupaba la mayor parte del ovario, quede una estructura cicatricial, afuncional, llamada cuerpo albicans (Callejas 2004; Ruckebusch *et al.*, 1994).

1.2. REINICIO DE LA CICLICIDAD OVÁRICA POSPARTO

Durante el último tercio de la gestación los ovarios continúan desarrollando ondas foliculares sucesivas con atresia de folículos dominantes que no alcanzan el estado de madurez. Los niveles altos de progesterona y el gran aumento en la concentración sérica de estrógenos placentarios actúan sobre el hipotálamo mediante una retroalimentación negativa prolongada que disminuye la síntesis de GnRH y sus reservas hipotalámicas a niveles tan bajos, que tal cantidad es insuficiente para estimular la liberación de FSH y LH y por lo tanto el crecimiento y la maduración folicular (Short *et al.*, 1990).

Después del parto las vacas tienen cambios fisiológicos importantes que conducen a la involución uterina, la reanudación de la secreción pulsátil de gonadotrofinas hipofisarias, el restablecimiento del desarrollo de ondas foliculares, la manifestación del estro y la ovulación. Con la expulsión del feto y la placenta, se produce una caída abrupta de los niveles circulantes de progesterona y estradiol de manera que se termina el efecto de retroalimentación negativa prolongada y como consecuencia el eje hipotálamo- hipófisis- gónadas inicia su recuperación (Short *et al.*, 1990).

La liberación de pulsos de GnRH con baja frecuencia estimula la síntesis y liberación de FSH desde la primera semana posparto para favorecer el reclutamiento temprano de la primera oleada folicular, esto se puede observar fácilmente en vacas que han tenido un parto normal, se nutren adecuadamente y poseen una buena condición corporal, pero se retarda en las que han presentado distocia, retención de placenta, enfermedades metabólicas y desbalances nutricionales (Vizcarra *et al.*, 1997).

En algunas vacas que han tenido parto normal y se encuentran en excelente estado nutricional y de salud se puede producir la maduración final y la ovulación en el folículo dominante de la primera oleada mostrando signos de estro a la segunda o tercera semana posparto; sin embargo esta no es la norma y por el contrario, es mucho más frecuente encontrar vacas que no presentan estro durante el posparto temprano, llegando a permanecer varios meses en anestro (Williams y Griffith, 1995).

Puesto que durante el posparto temprano la velocidad de síntesis de LH es baja, los primeros pulsos liberados no tienen la suficiente magnitud para inducir la maduración folicular y la ovulación. Cuando la cantidad de LH almacenada llegue al nivel normal y el hipotálamo libere pulsos altos y frecuentes de GnRH, la hipófisis pondrá en circulación una alta cantidad (en forma de pico) de LH que estimula la maduración final del folículo y la ovulación (Vizcarra *et al.*, 1997).

Los factores que afectan la frecuencia de pulsos de LH, tales como el amamantamiento, la presencia del becerro, el balance energético negativo y la condición corporal, afectan el momento de la primera ovulación retrasando el reinicio de la ciclicidad ovárica (Montiel, 2001).

1.3. ANESTRO POSPARTO

El anestro posparto es el tiempo que transcurre entre el parto y el primer celo posparto y constituye un factor determinante en la eficiencia reproductiva. Durante el período posparto de los bovinos, la actividad reproductiva es frecuentemente afectada por factores externos e internos, los cuales por diversos mecanismos y con diferente intensidad perturban el equilibrio neuroendócrino, prolongando el anestro posparto y disminuyendo la eficiencia reproductiva (Short *et al.*, 1990).

Desde tiempo atrás, varios investigadores han informado de períodos de anestro prolongado en el ganado cebuino en el trópico, que conducen a la presentación de largos períodos entre el parto y el servicio fértil (días abiertos) (Galina y Arthur, 1990). Esta situación se encuentra afectada por la nutrición, el amamantamiento, la salud, la raza, la producción de leche, la presencia del toro y factores climatológicos, los cuales actúan sinérgica o independientemente para alterar la función ovárica posparto (Lucy *et al.*, 1992; Short *et al.*, 1990).

Durante el anestro posparto el nivel de progesterona sérica se encuentra por debajo del límite de sensibilidad de las pruebas y el examen ovárico efectuado por tacto transrectal revela la presencia de ovarios pequeños o planos, carentes de estructuras, lo cual denota

ausencia de ciclicidad ovárica (anestro), condición designada como ovarios lisos u ovarios estáticos (Murphy *et al.*, 1990).

1.3.1. EFECTO DEL AMAMANTAMIENTO EN EL ANESTRO POSPARTO

Desde hace más de medio siglo se ha considerado que el comportamiento materno, es decir la relación que se establece entre la madre y su cría, es la causa principal de la falta de ovulación durante la lactancia en todas las especies (Toribio *et al.*, 1995).

En el bovino se ha observado que la interacción de la vaca con su becerro es fundamental para determinar la duración del anestro posparto. Un período de 24 horas de contacto entre vaca y cría después del parto es suficiente para que se establezca la unión vaca-becerro, siendo la denervación de la glándula mamaria inútil al tratar de disminuir el anestro posparto, lo cual indica que la falta de ciclicidad no depende únicamente de señales somato-sensoriales causadas a la glándula mamaria por el becerro, sino que existen otros factores, como la visión, el olfato o la sola presencia física del becerro, que son capaces de inhibir la actividad reproductiva posparto (Griffith y Williams, 1996).

El estímulo del amamantamiento sobre el hipotálamo disminuye la liberación de GnRH y por lo tanto la frecuencia y amplitud de los pulsos de LH, siendo el factor determinante en la limitación para el restablecimiento de los ciclos estrales posparto en el bovino (Yavas y Walton, 2000). Esto es debido a que existe una correlación negativa entre la concentración de endorfinas hipotalámicas liberadas durante el amamantamiento con la concentración de LH del parto a la primera ovulación, y una correlación positiva con el intervalo posparto, sugiriendo que los opioides endógenos actúan de manera directa en las neuronas productoras de GnRH, afectando la liberación de GnRH y de esta manera en forma indirecta regulan la secreción de LH (Williams y Griffith, 1995).

La acción inhibitoria de los opioides sobre la reproducción fue descrita por primera vez por Menninger-Lerchenthal (1934), al determinar que la adicción a la morfina produce amenorrea y esterilidad. Posteriormente se determinó que estos efectos eran mediados a través de receptores opioides y se pudo identificar el grupo de los llamados opioides endógenos, entre los que se encuentran la encefalina y la β -endorfina. Así es como fue sugerida la acción inhibitoria sobre la reproducción de los opioides endógenos, a través de una inhibición a nivel hipotalámico de la secreción de LH (Hughes *et al.*, 1975).

A medida que continúa el periodo posparto, el efecto del amamantamiento se convierte en menos intenso y las vacas eventualmente ovulan y comienzan a ciclar. El amamantamiento restringido o la separación del ternero, incrementan los pulsos de LH y estimulan el crecimiento folicular y la ovulación en vacas con más de 30 días de haber parido incrementado las tasas de preñez tanto en vacas multíparas *Bos indicus* y *Bos indicus* x *Bos taurus* (Yavas y Walton, 2000).

Estudios realizados por Segura y Rodríguez (2000), demostraron que la aplicación del amamantamiento nocturno durante 45 días, iniciando a los 30 días postparto, mejoraron los porcentajes de parición en vacas cebú sin afectar el desarrollo de los becerros, con el 81.1% de fertilidad contra 53.8% del grupo control.

1.3.2. EFECTO DE LA NUTRICIÓN EN EL ANESTRO POSPARTO

Está muy bien establecida la relación existente entre la condición nutricional y el desempeño reproductivo, la condición nutricional evaluada a través del puntaje de condición corporal, refleja las reservas corporales disponibles para el metabolismo, crecimiento, lactación y reproducción. La condición corporal en la parto se correlaciona positivamente con el desarrollo folicular precoz, contenido hipofisario de LH a los 30 días posparto y la frecuencia de los pulsos de LH necesarios para la maduración folicular y la ovulación (Ryan *et al.*, 1995).

La subalimentación afecta la liberación de gonadotrofinas y el nivel de progesterona plasmática, lo cual podría deberse a una deficiencia de precursores a nivel ovárico (acetato, colesterol) necesarios para su síntesis (Wright *et al.*, 1987).

En regiones tropicales, las vacas que paren con aceptable condición corporal y la mantienen en el posparto, tendrán mejor desempeño reproductivo en comparación con vacas de pobre condición corporal, lo cual se traduce en un retorno al estro más temprano. Sin embargo, sucede que en estas regiones existe una marcada estacionalidad en cuanto a la cantidad y calidad de forraje disponible a lo largo del año provocando que el estrés nutricional sea más severo en la última etapa de la preñez y el inicio de la lactancia coincida con la temporada seca, resultando en períodos prolongados de desnutrición y reflejado en la pérdida de condición corporal. Bajo estas condiciones, periodos de anestro prolongado luego del parto son muy comunes y son uno de los

principales factores limitantes en la productividad del ganado cebuino en condiciones tropicales (Galina y Arthur, 1990).

1.4. DETECCIÓN DE ESTROS

La eficiencia en la detección de estros es un factor que influye sobre el desempeño reproductivo del ganado bovino, ya que presenta la más alta correlación con el intervalo entre partos, y cuando esta actividad no se realiza de forma adecuada, se convierte en uno de los principales problemas que más afectan la eficiencia reproductiva (Zarco, 1990).

Dado que la inseminación artificial representa una práctica determinante en zonas tropicales, ya que permite mejorar la producción de las razas locales mediante la introducción de material genético de toros de alto valor en producción en clima templado, los ganaderos se han visto comprometidos a aumentar el uso de la inseminación artificial (Porras y Galina, 1991). Los investigadores han dirigido considerables esfuerzos al mejor entendimiento del comportamiento estral y al desarrollo de tecnologías para sincronizar y detectar de manera eficiente el celo, ya que este es uno de los principales factores que limitan la expansión del uso de la inseminación artificial en el trópico (Galina y Arthur, 1990).

Han sido varios métodos los que se han utilizado en la detección de celos, como la observación cuidadosa de las vacas por lo menos dos veces al día, dicha detección se mejora mediante el uso de toros, estos pueden haber sido sometidos a vasectomía, desviación quirúrgica del pene o cierre mecánico de la vaina del prepucio. Otros auxiliares para la detección del estro son indicadores de presión colocados en la grupa de las vacas o en la barbilla y pecho de los toros (De Silva *et al.*, 1981; Mattoni *et al.*, 1988; Hafez, 2002).

Sin embargo la detección de signos de estro en el ganado productor de carne, especialmente *Bos indicus*, representa una gran dificultad, ya que los sistemas de manejo extensivos impiden la frecuente observación de los animales al pastoreo, además la detección del estro puede verse afectada por la raza, condición corporal, época del año y presencia del becerro (Vaca *et al.*, 1985; Gutiérrez *et al.*, 1995).

1.4.1. EFECTO DE LA ÉPOCA DEL AÑO EN LA DETECCIÓN DE ESTROS

Un factor que puede afectar la detección del estro es la época del año, ya que depende de la tolerancia de la raza al estrés térmico. En general, la detección del estro es más fácil durante los meses calurosos en razas *Bos indicus* (Zakari *et al.*, 1981), mientras que en el caso de las razas *Bos taurus*, los meses fríos son los más apropiados para que las vacas interactúen cuando están en estro (Solano *et al.*, 1982).

La mayor fertilidad que se ha observado en el trópico ha sido durante la época de lluvias, a diferencia de las vacas de las regiones templadas, que la fertilidad es mayor en primavera. La época del año influye sobre el reinicio de la actividad ovárica posparto, el porcentaje de concepción a la primera inseminación, el número de servicios por concepción y el intervalo parto-concepción (Kruif, 1978). El efecto de la época del año está determinado principalmente por una interacción entre temperatura, fotoperiodo, precipitación pluvial y disponibilidad de forrajes (Lozano *et al.*, 1992).

También se ha observado una mayor incidencia de estros silenciosos en ganado *Bos indicus* en los meses de abril a agosto (Feo, 1982), además el corto período de receptividad sexual, característico del cebú en el trópico, se ve aparentemente acentuado durante períodos del año cuando la temperatura ambiental es alta o la calidad del forraje baja (Zakari *et al.*, 1981), así como que se detecta un mayor número de vacas en estro en la primavera y verano, que en otoño e invierno (Galina *et al.*, 1987).

Por otro lado hay autores que no han encontrado efectos significativos de la época del año sobre la detección del estro en ganado *Bos indicus* (Mali y Narawade, 1984; Esperón *et al.*, 1997).

Resumiendo, dentro de los factores que determinan la baja eficiencia en la detección de estros destacan el uso de inadecuados protocolos para la detección del estro, el tiempo dedicado a la observación de celos o desconocimiento de los signos de estro en razas tropicales, provocando que no se insemine en el momento más apropiado, las condiciones climáticas y la pobre duración e intensidad en la manifestación del estro (Zarco, 1990).

1.5. COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DEL GANADO CEBÚ

El comportamiento estral bovino ha sido determinado en diferentes razas cebuinas y actualmente se cuenta con una gran cantidad de conocimientos acerca de los parámetros reproductivos del ganado en el trópico (Galina *et al.*, 1982; Vaca *et al.*, 1985), que muestran ciertas peculiaridades, tales como el rápido pico alcanzado en la curva

preovulatoria de LH (Randel, 1976), el período de celos más corto y la pobre eficiencia reproductiva en general, que explican los posibles factores que han obstaculizado la difusión de la inseminación artificial en la ganadería tropical (Mattoni *et al.*, 1988; Galina y Arthur, 1990).

Se ha reportado que en las razas *Bos indicus* el comportamiento estral es más frecuentemente observado en las primeras horas de la mañana (Solano *et al.*, 1982), aunque otros autores reportan que más del 50% de los estros se presentan durante la noche (Galina *et al.*, 1982; Orihuela, 1982; Centurión *et al.*, 1994), lo que aunado a la corta duración del comportamiento estral, revelan que éste es uno de los mayores problemas que contribuyen al fracaso en la detección del estro cuando se utilizan solamente dos observaciones diarias sin la ayuda de métodos complementarios (Baca *et al.*, 1998).

Se ha descrito que en las vacas cebú promedio, el comportamiento de monta durante el estro es menor, percibiéndose sólo una monta por hora en contraste con las razas europeas que montan en promedio 2.8 veces por hora cuando están en celo (Galina *et al.*, 1982), además de la menor intensidad de los signos de estro en el ganado cebú comparado con el ganado europeo (Orihuela, 1982; Gutiérrez *et al.*, 1995).

También se ha observado que las hembras *Bos indicus*, tienden a manifestar actividad sexual sinérgica, pudiendo presentar más de una fase receptiva, quizá debido a conductas de imitación a vacas que muestran estros verdaderos (Medrano *et al.*, 1996), además de manifestar conducta estral en grupos compactos sin la aplicación de agentes sincronizadores aún vacas ovariectomizadas y hembras en anestro pueden exhibir signos de estro cuando están acompañadas por otras que muestran actividad de monta (Castro, 1995). Estas conductas afectan la exactitud con la cual se detecta el inicio del estro, provocando fallas en la concepción debido a inseminaciones hechas en momentos inapropiados y reducen en forma significativa el éxito de los programas de sincronización (Gutiérrez *et al.*, 1995).

1.6. INSEMINACIÓN ARTIFICIAL

Para que un programa de inseminación artificial resulte exitoso, debe incorporar eficiente y precisa detección de estros, apropiado manejo del semen e inseminación en el momento adecuado con relación a la ovulación (Walker *et al.*, 1996).

El esquema de inseminación adoptado por la mayoría de las explotaciones bovinas por más de 50 años, ha seguido la regla am/pm ya que desde entonces se demostró que las óptimas tasas de concepción se obtenían cuando las vacas eran inseminadas desde la mitad del estro hasta pocas horas después del final, considerándolo como el momento óptimo para la inseminación artificial con relación a la etapa del estro. Según esta regla, las hembras cuyo estro sea observado durante la mañana (am) debe ser inseminadas durante la tarde del mismo día (pm), y aquéllas que se detecten es estro durante la tarde deben ser inseminadas a la mañana del día siguiente (Trimberger, 1948).

Otros estudios que se han llevado a cabo, en los que se realizó la inseminación artificial en diferentes momentos después del inicio del celo; apoyan la práctica de realizar una sola inseminación por la mañana, independientemente del momento del inicio del estro, ya que los resultados fueron similares a los de la regla convencional (González *et al.*, 1985; Centurión *et al.*, 1994).

Se dice que al realizar la inseminación una vez al día, se evita el tener que acudir a la observación del estro 2 veces al día, además disminuye el estrés por manejo, el cual se ha demostrado experimentalmente puede reducir la secreción de LH y afectar el desarrollo de los folículos y la expresión del estro, así como aumentar la incidencia de la mortalidad embrionaria (Zarco 1990).

La eficiencia en la detección del estro se ve reflejada directamente en la tasa de inseminación artificial o de servicio, por lo que si sólo se detecta menos del 50% de los celos, es este mismo porcentaje de hembras el que se inseminará (Senger, 1994).

En la gran mayoría de las explotaciones de bovinos productores de carne, las vacas no reciben inseminación artificial debido a que el manejo es extensivo y los programas de inseminación artificial requieren un manejo más intensivo (Odde, 1990).

Una alternativa que permite superar el problema de la detección de estros en el ganado productor de carne es el desarrollo de tratamientos hormonales capaces de regular el crecimiento folicular y el momento de la ovulación, viabilizando así la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), es decir inseminación con tiempo predeterminado, sin la necesidad de observar el celo, en animales cebú (Barros *et al.*, 2000).

1.7. CONTROL DEL CICLO ESTRAL BOVINO (SINCRONIZACIÓN)

Los estudios referentes al control en la duración del ciclo estral en bovinos han sido conducidos en dos direcciones principales. La utilización de agentes luteolíticos que

lleva a una anticipación de la regresión del cuerpo lúteo con el consecuente acortamiento del ciclo, y el proceso de alargamiento del ciclo con una simulación de diestro a través de la administración de progestágenos (Evans *et al.*, 1994).

La primera propuesta referente a un método capaz de manipular al ciclo estral de la vaca partió de Christian y Casida en 1948 (Arthur *et al.*, 1991), quienes hicieron uso de la progesterona con el fin de bloquear la función reproductiva. A partir de la suspensión de la medicación, buena parte de los animales presentaron síntomas de celo. Más tarde en 1968 Wiltbank y Kasson (Wiltbank *et al.*, 1971) verificaron que la adición de un estrógeno (valerato de estradiol) al inicio del tratamiento a través de su efecto luteolítico, aumentaba la incidencia de celos en los animales tratados y permitía la reducción del periodo de bloqueo con progesterona. Después en 1972, se propuso un protocolo para sincronización de celo en bovinos utilizando Prostaglandina F_{2α} como agente luteolítico (Hansel y Beal, 1979).

Así es, como la evolución de los métodos para el control del ciclo estral en la vaca, ha sido ordenado en 5 fases distintas. La primera comprende todas las investigaciones con el sentido de prolongar la fase lútea a través de la administración de progesterona exógena. Con el tiempo estos métodos pasaron a contar con una asociación de estrógenos en la segunda fase. La tercera fase está caracterizada por la utilización de prostaglandinas con el fin de acortar la fase lútea, la cuarta fase es aquella en la que fueron desarrollados los métodos con la asociación de progestágenos y prostaglandinas. La denominada quinta fase surgió por estudios más recientes de las ondas foliculares que mostraron que el control del ciclo estral en la vaca requiere la manipulación no solo de la fase lútea sino también del crecimiento folicular (Patterson *et al.*, 2000).

Mantener la productividad en hatos bovinos, bajo sistemas de producción basados en pastoreo, está fuertemente determinado por la eficiencia reproductiva de los animales a lo largo de su vida, requiriendo del pronto reinicio de la actividad ovárica posparto, de una excelente detección de estros y de una alta tasa de concepción a primer servicio, teniendo las vacas que reanudar la ciclicidad y quedar gestantes dentro de 85 a 90 días posparto para tratar de lograr un intervalo entre partos de 365 días (Galina *et al.*, 1986; Wright y Malmo, 1992).

Por tanto, el desarrollo de tratamientos que logren inducir el estro y la ovulación de forma efectiva, tiene un efecto importante en el desempeño reproductivo y productivo del hato (Xu *et al.*, 2000).

La sincronización del ciclo estral, es una importante herramienta con que se cuenta en la actualidad para modificar el ciclo estral y establecer un manejo reproductivo del hato (Orihuela *et al.*, 1983), al situar a un grupo determinado de hembras en una misma etapa de su ciclo y reducir el costo que representa la detección de celos, constituye un importante beneficio económico, siendo ampliamente utilizada para llevar a cabo inseminación artificial, inseminación a tiempo fijo y transferencia de embriones (Thatcher *et al.*, 1996).

Dentro de las principales ventajas que ofrece la sincronización de estros incluyen:

Concentración de animales en estro en un corto periodo facilitando la inseminación artificial al reducirla a un período determinado o a tiempo prefijado sin la necesidad de detección de celos, mejorando la eficiencia reproductiva del hato (Ryan *et al.*, 1995).

Maximizar el número de hembras inseminadas, permitiendo una detección de celos más precisa, especialmente si hay vacas en lactancia y anestro (Odde, 1990).

Reducir el intervalo del parto a la concepción y facilitar los programas de sincronización de receptoras para transferencia embrionaria (Wright y Malmo, 1992).

Reducción en el número de toros en la explotación, permitiendo el avance genético del hato con el uso de semen de toros con pruebas de producción y calidad genética (Macmillan *et al.*, 1993).

Permite un mejor manejo de los potreros, distribuyendo de forma más eficientemente el forraje disponible, de acuerdo con las necesidades fisiológicas del hato, además de que permite la planificación de la época de partos, procurándose que el parto y la lactancia coincidan con el período de óptimo crecimiento del pasto (Lucy *et al.*, 1986).

Por otro lado, los principales factores que limitan una mejor expansión de la sincronización de celos, están asociados relativamente a los altos costos de las hormonas; desconocimiento por parte de los técnicos sobre los mecanismos fisiológicos que rigen la función reproductiva de la vaca, periodos de restricción alimentaría, así como una pequeña reducción de la fertilidad de los animales después de los celos inducidos (Hardin *et al.*, 1980; Galina *et al.*, 1987).

La efectividad de cualquier sistema de sincronización del estro está determinada por su habilidad para lograr un estro altamente sincronizado, de forma que las hembras puedan ser inseminadas a un tiempo prefijado. Los métodos para evaluar los sistemas de sincronización incluyen la respuesta a estro (porcentaje de hembras tratadas que muestran estro), tasa de concepción sincronizada (porcentaje de hembras inseminadas

que conciben) y tasa de gestación sincronizada (porcentaje de hembras que conciben del total de tratadas) (Odde, 1990).

En el ganado del trópico, las diferentes técnicas de sincronización del estro que buscan mejorar la eficiencia en su detección han presentado modestas tasas de fertilidad post-inseminación artificial (Galina y Arthur, 1990; Medrano *et al.*, 1996), las cuales han sido relacionadas probablemente a la presentación de conducta estral por imitación en hembras anéstricas, lo que obviamente puede afectar la precisa detección del inicio del estro y, por tanto, el resultado de la inseminación artificial (Gutiérrez *et al.*, 1995).

1.7.1. HORMONAS UTILIZADAS EN LA SINCRONIZACIÓN DE ESTROS

La sincronización de estros ha sido lograda mediante el uso de tratamientos que combinan la aplicación de progestágenos, estrógenos, prostaglandinas, GnRH y gonadotrofinas (Thatcher *et al.*, 1996).

1.7.1.1. Progestágenos

La progesterona es una hormona esteroidea producida por el CL. Se presenta en la sangre en forma libre y ligada a proteínas. Esta hormona se encarga de preparar al cerebro para que los estrógenos produzcan el comportamiento de celo, suprime la secreción de GnRH y es necesaria para mantener la gestación (Ruckebusch, 1994).

Al ser usada para inducir y sincronizar el estro, las principales acciones de la progesterona son retardar cualquier maduración folicular que pudiera haber iniciado durante el período de tratamiento, y asegurar el comportamiento estral y la función lútea normal asociados con la ovulación en los días siguientes al tratamiento (Odde, 1990).

Los análogos sintéticos de la progesterona tienen un efecto fisiológico parecido a la progesterona biológica y una ventaja es su capacidad para iniciar la ciclicidad en animales acíclicos (Gordon, 1999).

La sincronización con progestágenos se basa en el principio de que la duración del ciclo estral está controlada por la secreción de progesterona por el CL, los progestágenos actúan simulando la presencia de un CL funcional, manteniendo una concentración sanguínea durante el período necesario para permitir que el CL involucre naturalmente durante el tiempo que son administrados. En ausencia del CL y con el retiro de la fuente del progestágeno, resulta en el crecimiento folicular, el estro sincronizado y la ovulación ocurren entre los 2 y los 8 días después de suspender su

administración, siendo este estro seguido por ciclos normales. El intervalo entre la caída del progestágeno y el inicio del estro varía entre las especies y entre los métodos de tratamiento del progestágeno (Odde, 1990).

La progesterona y sus derivados ejercen una retroalimentación negativa sobre la secreción de LH, bloqueando la síntesis de los factores de liberación de gonadotrofinas, lo que resulta en la reducción de las gonadotrofinas, que controlan la maduración de los folículos preovulatorios y la ovulación, por lo tanto la ovulación se inhibe hasta que los niveles de progesterona declinan al suspender el tratamiento y se inicia la liberación pulsátil de GnRH dando por resultado la elevación de las gonadotrofinas y la subsecuente ovulación (Wright y Malmö, 1992).

Las concentraciones plasmáticas de progesterona presentes durante la fase lútea permiten la ocurrencia de las oleadas foliculares, bajas concentraciones provocan que se alargue la vida del folículo dominante y se suprima el reclutamiento folicular, resultando en el cese de las oleadas foliculares y provocando que al retirar la progesterona o progestágenos se produzca buena sincronización del estro debido a la ovulación de los folículos dominantes (Lucy *et al.*, 1992; Sirois y Fortune, 1994).

La duración del tratamiento debe ser equivalente al largo de la fase lútea normal (16 días), sincronizándose entre el 80 y 90% de las hembras, sin embargo cuando los tratamientos son largos (14 a 21 días) aunque resultan en buena sincronización, se asocian con reducida tasa de concepción ((Macmillan y Petersen, 1993; Porras y Galina, 1991; Odde, 1990). Algunas pruebas de campo muestran concepciones iguales entre hembras sincronizadas y controles, pero generalmente la tasa de concepciones es 15 % menor después del tratamiento (Galina *et al.*, 1987; Bearden y Fuquay, 1992). Tal reducción ha sido atribuida al desarrollo de folículos dominantes persistentes que suprimen nuevas oleadas foliculares, y a pesar de que dichos folículos maduran al retiro del progestágeno y ovulan (Anderson y Day, 1994; Mata *et al.*, 2001). Los ovocitos ovulados son viejos, y si son fertilizados resultan en embriones de pobre calidad con poca capacidad de desarrollo (Lucy *et al.*, 1990; Sirois y Fortune, 1994; Savio *et al.*, 1993; Revah y Butler, 1996).

La aplicación de progestágenos por tiempos cortos de tratamiento (7 a 12 días) resultan en porcentajes más aceptables de concepción, desafortunadamente tratamientos cortos no producen control adecuado del ciclo, sobre todo si se inician temprano en el ciclo, ya que el CL puede no ser controlado por el tratamiento por lo que se hace necesario

incorporar un agente luteolítico en los tratamientos de corta duración para eliminar cualquier CL (Ryan *et al.*, 1995; Macmillan y Asher, 1990).

Los progestágenos sintéticos tienen una vida media mayor que la progesterona y pueden ser activos al administrarse por vía oral, como el acetato de melengestrol (MGA) (Wright y Malmo, 1992), subcutánea en implantes, e intramuscular como el norgestomet (Macmillan y Petersen, 1993).

En el bovino, la respuesta a la inducción del estro con progestágenos puede modificarse por factores tales como duración de la administración del fármaco, etapa del ciclo estral en que se realiza el tratamiento, estado fisiológico (ciclado y no ciclado), condición corporal, edad, raza y época del año (Porras y Galina, 1991).

1.7.1.2. Estrógenos

Los principales estrógenos naturales en la vaca son el estradiol y la estrona. Los estrógenos son hormonas esteroideas que tienen como fuentes principales a las células de la granulosa de los folículos maduros y a la placenta en la gestación avanzada. En la sangre se presentan libres y ligados a proteínas (Ruckebusch *et al.*, 1994).

Los estrógenos sintéticos tienen una acción de mayor duración a la del estradiol, con actividad luteolítica y se aplican al inicio del tratamiento con progestágenos para inducir o sincronizar celos, ocurriendo la luteólisis generalmente 5 a 7 días después de su administración (Wiltbank *et al.*, 1971).

Consta evidencia de que los estrógenos además, causan atresia folicular y pueden ser un método de control de las ondas foliculares para mejorar la sincronidad estral después de la luteólisis (Wright y Malmo, 1992).

La función fundamental de la aplicación de estrógenos en el inicio del tratamiento es provocar la atresia de los folículos existentes e impedir de esta manera la formación de folículos persistentes que interfieren negativamente en la fertilidad. Como la atresia es seguida por el comienzo de una nueva onda folicular a los 4 días, se asegura de esta manera la presencia de un folículo nuevo y un ovocito viable en el momento de retirar el dispositivo (Bo *et al.*, 1991).

El valerato de estradiol es un derivado sintético del estradiol, ha sido desarrollado para optimizar los resultados reproductivos de los tratamientos con progestágenos en bovinos. Se ha demostrado que el estradiol exógeno afecta el crecimiento del folículo dominante, pero el efecto es más consistente cuando se combina con el implante de un

progestágeno, resultando en una formación de nuevas ondas foliculares (McDougall *et al.*, 1994).

Al inyectar estradiol en vacas en anestro, se puede inducir una oleada de LH, pero la ovulación inducida puede no ir seguida de una función lútea normal, a menos que la oleada de LH inducida haya sido precedida por una fase lútea normal o por una producida artificialmente usando progesterona o progestágenos (McDougall *et al.*, 1994).

Bo *et al.*, (1991), estudió el efecto combinado del valerato de estradiol al inicio del tratamiento con progestágenos (norgestomet) sobre la dinámica de la onda folicular, observándose la reducción del diámetro del folículo más grande y del segundo en tamaño en un periodo de 5 días seguido por el incremento del diámetro folicular presumiblemente de una nueva onda folicular.

El tratamiento combinado de progestágenos y estradiol puede ser utilizado en el control efectivo y la sincronización del desarrollo de la onda folicular, pudiendo en consecuencia traer importantes implicaciones en el control artificial de la ciclicidad ovárica y la ovulación (Bo *et al.*, 1991).

1.7.1.3. Prostaglandinas

Las prostaglandinas son ácidos grasos no saturados de 20 carbonos, derivados de las reservas del ácido araquidónico contenido en los fosfolípidos de las membranas celulares, originados en muchos tejidos y con gran variedad de funciones (Ruckebusch *et al.*, 1994).

La $PF2\alpha$ uterina tiene acción luteolítica, ejerciendo este efecto al acortar la vida media del CL, reduciendo así los niveles sanguíneos de progesterona y produciendo subsecuentemente un incremento en los niveles de estradiol y de LH, que son seguidos por la presentación del estro y la ovulación (Roche e Ireland, 1984).

Después de que la $PGF2\alpha$ fue identificada como factor luteolítico en el ciclo estral bovino, se desarrollaron análogos sintéticos que podían usarse para inducir luteólisis prematura durante el diestro, con el fin de utilizarlos de forma exógena y poder sincronizar la ovulación (Roche e Ireland, 1984).

Las prostaglandinas sintéticas, por su acción luteolítica y por su efecto estimulador del miometrio, además de emplearse en programas de sincronización de estros y ovulación se utilizan también para la inducción del aborto y del parto, y entre ellas se encuentran el dinoprost, cloprostenol, fenprostaleno y alfaprostol (Wright y Malmo, 1992).

Es sabido, que dependiendo del momento en que se administra la $PGF2\alpha$ será la respuesta que se obtenga. Del día 1 al 4 (metaestro temprano) no se observa respuesta dado que se ha producido la ovulación y el cuerpo lúteo está en desarrollo. En los días 5 y 6 (metaestro tardío), la respuesta es parcial, ya que se está llegando al final del desarrollo del cuerpo lúteo. Entre los días 7 y 17 (diestro), el cuerpo lúteo está desarrollado y es sensible al efecto luteolítico de la $PGF2\alpha$ y por último, entre los días 18 a 21 (proestro), el cuerpo lúteo no es funcional y no hay respuesta a la acción de la $PGF2\alpha$ (Callejas, 2004).

Ya que en un ciclo estral normal la regresión del CL depende de la secreción pulsátil de $PGF2\alpha$ endógena, alrededor del día 16 cuando se administra $PGF2\alpha$ exógena como agente luteolítico a un grupo de vacas entre los días 6 a 16 del ciclo estral, se produce la regresión del CL, observándose alto grado de sincronización de estros a las 48 a 96 horas (Wright y Malmo, 1992).

1.7.1.4. Hormona Liberadora de Gonadotrofinas (GnRH)

La GnRH es un decapeptido sintetizado y almacenado en el hipotálamo, es transportado a la hipófisis mediante el sistema porta hipotalámico-hipofisario (Ruckebusch *et al.*, 1994). Aunque la GnRH desaparece rápidamente de la circulación, provoca la liberación de una oleada de LH que induce la ovulación de folículos maduros (Wright y Malmo, 1992).

Pequeñas dosis de GnRH (2.5 μ g), producen pulsos plasmáticos de LH similares a los que ocurren de forma natural y dosis mayores (100 a 250 μ g o hasta 0.5 a 1.5 mg) pueden liberar oleadas de LH, causando la ovulación de los folículos maduros (Thatcher *et al.*, 1989). Sin embargo, la formación de un CL normal después de la ovulación inducida de folículos maduros requiere pretratamiento con progesterona. El tratamiento de GnRH por 28 días continuos, induce un CL a corto plazo, pero no un subsecuente CL normal. El tratamiento continuo con dosis bajas de GnRH después del pretratamiento con progesterona, resulta en el desarrollo de un CL normal en la mayoría de los casos (Garverick y Smith, 1986).

La GnRH ha sido usada como agente terapéutico en el manejo reproductivo, particularmente en vacas lecheras repetidoras, con la finalidad de asegurar la ovulación y la subsecuente luteinización, siendo efectiva para el tratamiento de quistes foliculares ováricos, para disparar la oleada de LH y estimular la ovulación de folículos maduros, así como por su acción lúteoprotectora, utilizada entre los días 11 y 14 después del

primer servicio de inseminación artificial, para reducir las pérdidas embrionarias durante la gestación (Wright y Malmo, 1992).

1.7.1.5. Gonadotrofinas

Las gonadotrofinas con actividad folículo estimulante son la FSH y la gonadotrofina del suero de yegua preñada ó gonadotrofina coriónica equina (PMSG o eCG), las cuales han sido utilizadas para la inducción del estro y la superovulación. La gonadotrofina coriónica humana (HCG), tiene actividad similar a la LH, y es empleada para producir la ovulación de folículos maduros. Sin embargo, el uso repetido de estas hormonas, tiene el inconveniente de que al ser proteínas extrañas, existe la posibilidad de que induzcan la producción de anticuerpos contra estas gonadotrofinas. Al igual que en el uso de prostaglandinas y GnRH, para garantizar una función lútea normal subsecuente a la maduración folicular y ovulación, el uso de gonadotrofinas requiere del pretratamiento con progestágenos (Pratt *et al.*, 1982).

La PMSG es una glicoproteína secretada por la placenta corial de las yeguas gestantes, entre los días 40 y 120 de la gestación aproximadamente, con actividad tanto de FSH como de LH en la vaca. La acción de la PMSG implica una reducción en la atresia folicular y la selección de un mayor número de folículos dominantes (superovulación) (Bever y Dieleman, 1987).

La HCG es una glicoproteína secretada por la placenta de mujeres embarazadas y excretada en la orina, está involucrada con el reconocimiento materno de la gestación y con el mantenimiento del CL. Las preparaciones de HCG tienen efectos sobre los folículos ováricos similares a los descritos para las oleadas de LH provocadas por dosis elevadas de GnRH (Wright y Malmo, 1992).

1.8. PROGRAMAS DE SINCRONIZACIÓN CON CRESTAR

Crestar (Laboratorios Intervet), es un tratamiento hormonal que combina la acción de un progestágeno más un estrógeno. Es ampliamente utilizado como sincronizador e inductor del estro en vaquillonas y vacas ya sea cíclicas o en anestro, consiste en un implante de liberación continua, que se aplica subcutáneamente en la superficie exterior de la oreja, el cual contiene 3 mg de norgestomet y viene acompañado de una inyección de 5 mg de valerato de estradiol más 3 mg de norgestomet, que se administran al momento de colocar el implante. El tiempo de duración del implante es de 9 días.

La efectividad de la aplicación conjunta de norgestomet-estradiol para inducir comportamiento estral en bovinos, está dada ya que el implante de norgestomet actúa como un CL artificial, previniendo el surgimiento de la LH, la ovulación, la formación y el mantenimiento del CL, mientras que la lisis del CL es controlada por el valerato de estradiol, acortando la fase luteínica en las primeras fases del ciclo y sincronizando la onda folicular. El efecto de bloqueo cesa después de retirar el implante, 9 días después, terminando con la inhibición hipofisaria y comenzando una nueva fase folicular. El grado de sincronía es alto y las tasas de concepción satisfactorias con la inseminación a tiempo fijo ó a celo detectado, manteniendo una alta sincronización hasta 3 ciclos estrales después (Geary *et al.*, 1997).

El efecto de los progestágenos más los estrógenos sobre el tiempo de presentación de la siguiente onda folicular está influido por la fase del desarrollo folicular y el estado hormonal de cada animal. Diversos estudios demuestran que al utilizar Crestar, 77 a 100% de las vacas presenta celo 36 a 60 hrs después del retiro del implante, con tasa de concepción a primer servicio de 33 a 68% (Odde, 1990). Los factores asociados con reducidas tasas de concepción incluyen una baja proporción de vacas ciclando antes del tratamiento, disfunción lútea como reflejo de una inadecuada secreción de LH después del retiro del implante, pobre condición corporal y retardo en la ocurrencia del estro y ovulación (Gutiérrez *et al.*, 1995).

En un estudio realizado con ganado cebuino bajo condiciones de trópico mexicano, Esperón *et al* (1997), obtuvo un promedio general de fertilidad del 47% al comparar diferentes épocas del año bajo sincronización con norgestomet-estradiol y un servicio a tiempo fijo con inseminación artificial.

En otro estudio (Silva *et al.*, 2002), realizado con novillas Brahman (*Bos indicus*) sincronizadas con Crestar y servidas mediante monta natural; se obtuvo un porcentaje de sincronización de 90.6% dentro de las primeras 40 a 70 horas, observándose el mayor porcentaje de estros entre las 40 y 50 horas después de retirar el implante. La tasa de gestación obtenida fue de alrededor del 57%.

Por otro lado, Williams *et al* (2002), compararon dos métodos de sincronización usando norgestomet en vacas Brahman x Hereford; encontrando una tasa de concepción más alta después de IATF en el grupo que fue tratado con norgestomet-estradiol (45.1%), comparada con el grupo que solo recibió el implante de norgestomet sin el valerato de estradiol (31.1%).

Al comparar dos protocolos de sincronización en ganado cebú (MGA+PGF2 α y Crestar), Quezada *et al* (2004), encontraron que el grupo Crestar, presentó una mayor manifestación de estro (100%) respecto al grupo MGA+PGF2 α (85.7%), sin embargo ambos protocolos presentaron similar porcentaje de gestación al primer estro sincronizado (61.5 y 58.3% en MGA+PGF2 α y Crestar, respectivamente).

Del Águila *et al* (2007), evaluaron la efectividad del implante auricular de progestágenos-estrógenos (Crestart), contra el tratamiento de GnRH-PGF2 α -GnRH, en ganado cebú bajo condiciones de crianza extensiva en el trópico, encontró que el tratamiento Crestart tuvo una tasa de concepción significativamente superior 47.1%; respecto al 40.6% del otro grupo, sin diferencias significativas para la tasa de presentación de celo, que fue del 58.8% y 68.8% respectivamente.

Diversos autores han evaluado el uso de Crestart combinado con diferentes hormonas que tienden a aumentar en algunos casos la tasa de concepción (Baruselli *et al.*, 2004), sin embargo esta práctica debe ser sopesada de acuerdo al costo beneficio, en especial en ganado de carne.

Scena *et al* (1997), realizaron un experimento con Crestart combinado con 500 UI de PMSG al retiro del implante en un rodeo Hereford en anestro que incluía al destete precoz a los 21 días de iniciado el servicio natural como práctica sistemática de manejo. Las vacas que sólo tuvieron destete precoz obtuvieron 70 % de concepción, mientras que las del segundo tratamiento alcanzaron el 89.6 %.

En otro trabajo, Scena *et al* (1998), estimaron el efecto de diferentes combinaciones de Crestart con PMSG y destete temporario en vacas Brahman en anestro con 45 a 70 días posparto. El tratamiento testigo se inseminó a celo detectado y en los restantes la inseminación se efectuó a las 56 horas de extraído el implante. La combinación de Crestart con destete temporario (56 horas) obtuvo 69.2 % de preñez, superando significativamente a los vientres en que sólo se colocó Crestart (27.3 %) y al testigo (10.5 %).

Villa *et al* (2007), compararon las tasas de concepción en vacas Brahman lactantes utilizando cuatro protocolos de sincronización para IATF, obteniendo porcentajes de 55.7%, bajo sincronización con norgestomet-estradiol más PMSG al retiro del implante, obteniendo una mejor tasa de concepción que los tratamientos con base en GnRH, prostaglandinas y estrógenos (19.4%, 22.5% y 21.8%, respectivamente).

Diferentes resultados son reportados por Sá Filho *et al* (2004), Carvalho (2002) y Silva *et al* (2002), utilizando norgestomet más valerato de estradiol y PMSG, encontraron tasas de preñez de 46.2% en vacas Nelore; 40.5% en vacas *Bos indicus* x *Bos taurus* y 47.7% en vacas Nelore lactantes, respectivamente.

También se ha trabajado con ganado lechero (Larocca *et al.*, 2005), obteniendo porcentajes de concepción de 49%, al combinar Crestar más delprostenate 400µg im (análogo sintético de prostaglandina) al día 7 del tratamiento; y de 64% al combinarlo con 500 UI de PMSG en el día nueve, encontrando diferencia significativa a favor de este último.

Boada (1994), en el trópico húmedo con ganado Brahman, con restricción del amamantamiento durante 48 horas a partir del retiro del implante Crestar, al séptimo día del tratamiento una inyección de prostaglandina (luprostiol) y al noveno día el retiro del implante y la aplicación de 500 UI de PMSG, con una inseminación tanto el grupo control como el tratado; se obtuvo un 73% de fertilidad contra 20% en las vacas control. Resultados inferiores combinando norgestomet más valerato de estradiol y al noveno día la adición de 500 UI de PMSG, fueron obtenidos por Mateos *et al* (1995), obteniéndose una fertilidad con inseminación artificial de 29.8% gestantes y 31.4% con toro repasador.

2. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la eficacia del tratamiento hormonal Crestar (norgestomet-estradiol) en la sincronización de un lote de vacas cebuinas inseminadas a celo detectado con semen congelado de toros *Bos taurus* en condiciones de trópico húmedo.

2.1. OBJETIVOS PARTICULARES

- Determinar la tasa de sincronización de estros, así como en la tasa de fertilidad al primer servicio utilizando el tratamiento hormonal Crestar (norgestomet-estradiol).
- Evaluar la eficacia del programa de sincronización de estros basado en el uso de norgestomet-estradiol, en relación con el sistema tradicional de manejo en el trópico (monta natural).
- Establecer la asociación entre las variables: porcentaje de fertilidad, actividad ovárica antes de la sincronización y momento del estro después de retirar el implante hormonal.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó entre los meses de Junio y Septiembre del 2008 en una explotación de tipo extensivo, de ganado bovino productor de carne con encaste de raza cebuina principalmente. .

Geográficamente la explotación se encuentra localizada en el municipio de Palenque, estado de Chiapas, México.

El clima de la región se clasifica como tropical húmedo con lluvias todo el año, del tipo Af según la clasificación de Koppen (1948). Esta zona es una de las más lluviosas del país, en ella la precipitación pluvial anual varía entre 3000 a más de 4500 mm. Tal cantidad de lluvia y su distribución a lo largo del año se debe, entre otros factores, a que esas áreas están expuestas a los vientos húmedos del Golfo de México tanto en verano y otoño como en invierno. La temperatura promedio fluctúa de 26°C a 30°C y la temperatura media del mes más frío es de 18°C o más (INEGI, 2009).

Se utilizaron 55 vacas cebuinas de uno a cinco partos con cría al pie en buenas condiciones de salud aparentes y una condición corporal entre 2 y 2.5 puntos en una escala del 1 a 5 (1= extremadamente delgado, 5= muy obeso) según Richards *et al.*, (1986).

Las hembras fueron examinadas previamente por palpación transrectal, para descartar gestación, alteraciones anatómicas en el tracto reproductor e infecciones que pudieran afectar su fertilidad.

Se registraron las estructuras ováricas y se determinó la actividad ovárica cíclica.

Se mantuvieron a libre pastoreo en potreros de zacate estrella de África (*Cynodon plectostachyus*), Guinea (*Panicum maximum*) y Jaragua (*Hyparrhenia rufa*); se suplementaron con sales minerales a libre acceso.

Todas las hembras fueron sincronizadas con el tratamiento hormonal Crestar (laboratorios Intervet) a base de progestágenos y estrógenos.

Al inicio del tratamiento se les aplicó el implante subcutáneamente en la superficie exterior de la oreja, el cual contiene 3 mg de norgestomet.

Al mismo tiempo se les aplicó una inyección intramuscular que contiene 3 mg de norgestomet y 5 mg de valerato de estradiol.

Los implantes fueron retirados al noveno día después de su aplicación.

Posteriormente se realizó la detección de la conducta estral a partir de las 24 hrs hasta las 72 hrs después de retirar los implantes, la detección se realizó mediante la

observación directa (monta homosexual) complementada con toro celador (vasectomizado).

La inseminación artificial se realizó de 6 a 12 horas después de la detección del estro.

El semen congelado que se utilizó para la inseminación, fue elaborado y evaluado en el laboratorio de Reproducción Animal del la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán y corresponde al de cinco toros jóvenes *Bos taurus*, de las siguientes razas: 3 Jersey, 1 Holstein y 1 Simmental (Pérez, 2008).

Como testigo se utilizó semen congelado comercial de la raza Charolais.

Subsecuentemente se registro el número de vacas que no repitieron calor entre los 20 a 22 días posteriores a la inseminación y a los 90 días posinseminación, se les hizo el diagnóstico de gestación por palpación transrectal, registrándose el porcentaje de fertilidad.

Se comparó el porcentaje de fertilidad obtenido, contra el promedio bajo el esquema tradicional de monta directa registrado en el trópico, el cual según varios autores es de alrededor del 50% (Kruif, 1978; Hinojosa y Segura 1986; Segura y Rodríguez, 2000; Córdova y Pérez, 2002); mediante pruebas de hipótesis, con la siguiente la ecuación:

$$z = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$$

Donde:

\bar{x} = Promedio de la muestra

μ = Parámetro

σ = Desviación estándar

n = Tamaño de la muestra

(Daniel, 2005)

Así también, se relacionó la tasa de fertilidad posinseminación frente al momento de detección de estros (1er, 2do y 3er día pos retiro del implante) y frente a la actividad

ovárica previa a la sincronización, a través de tablas de independencia (Ji cuadrada), aplicando corrección de Yates donde fue necesario, utilizando la siguiente ecuación:

$$\chi^2 \equiv \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

Donde:

Σ = Sumatoria

O = Observado

E = Esperado

(Daniel, 2005)

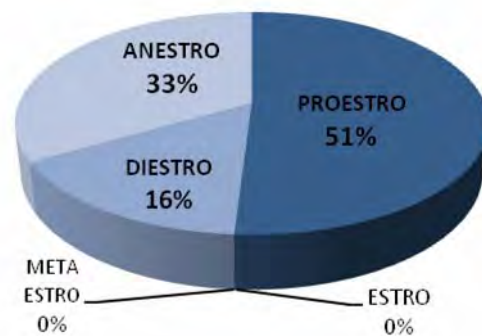
4. RESULTADOS

4.1. ACTIVIDAD OVÁRICA

Se registraron las estructuras ováricas de las hembras tratadas, reconociéndose en cinco grupos de actividad ovárica, de acuerdo a la fase del ciclo estral en que se encontraban antes de ser sincronizadas; como se muestra a continuación.

Figura 1. Actividad ovárica previa a la sincronización

FASE DEL CICLO ESTRAL	NÚMERO	PORCENTAJE
PROESTRO	26	50.98%
ESTRO	0	0%
METAESTRO	0	0%
DIESTRO	8	15.69%
ANESTRO	17	33.33%
TOTAL	51	100%



4.2. TASA DE SINCRONIZACIÓN

Todas las hembras que fueron tratadas con el implante presentaron signos de estro dentro de las primeras 24 a 72 horas (1er, 2do y 3er día) después de haber retirado el implante; registrando una tasa de sincronización del 100%, distribuyéndose de la siguiente manera.

Figura 2. Presentación de estros después de retirar el implante

ESTROS	NÚMERO	PORCENTAJE
1ER DÍA	22	40%
2DO DÍA	23	41.82%
3ER DÍA	10	18.18%
TOTAL	55	100%



4.3. TASA DE GESTACIÓN

La tasa de gestación que se obtuvo a los 90 días posteriores a la inseminación artificial en el primer estro sincronizado, fue del 32.73%. Sin embargo, cabe mencionar que entre los 20 y 22 días posinseminación se observó un porcentaje de vacas no repetidoras de 67.27 %, pero solo la mitad de las vacas que no repitieron celo, se diagnosticaron como gestantes.

En base a la tasa de gestación obtenida, se observó una diferencia significativa ($p < 0.05$), con respecto al parámetro registrado (50%), bajo el esquema tradicional de monta directa en el trópico (Kruif, 1978; Hinojosa y Segura 1986; Segura y Rodríguez, 2000; Córdova y Pérez, 2002), comprobándose que los resultados obtenidos en este estudio se encuentran debajo del parámetro.

Figura 3. Tasa de gestación

	NÚMERO	PORCENTAJE
GESTANTES	18	32.73%
VACIAS	37	67.27%
TOTAL	55	100%



4.4. CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES

Con los resultados obtenidos, se relacionaron entre si las diferentes variables analizadas en este estudio, tratando de encontrar alguna asociación entre ellas, mediante pruebas de independencia (Ji cuadrada).

Se relacionó la tasa de gestación al primer estro sincronizado *versus* la presentación del estro, al 1er, 2do y 3er día después de retirado el implante, no encontrándose asociación entre ellas ($p > 0.05$).

CUADRO 1
PORCENTAJE DE FERTILIDAD A LOS 90 DÍAS, EN RELACIÓN A LA PRESENTACIÓN DEL ESTRO DESPUES DE RETIRAR EL IMPLANTE

PORCENTAJE	1er DÍA	2do DÍA	3er DÍA	
VACIAS	27.27	30.91	9.09	67.27 ^a
GESTANTES	12.73	10.91	9.09	32.73 ^a
TOTAL	40.00 ^a	41.82 ^a	18.18 ^a	100

^a Literales iguales denotan independencia entre variables ($p > 0.05$).

Así también, se relacionó el porcentaje de gestación con respecto a la actividad ovárica de las hembras antes de la sincronización (fases del ciclo estral), encontrándose que en este caso, si existe una asociación significativa ($p < 0.05$), entre ambas variables.

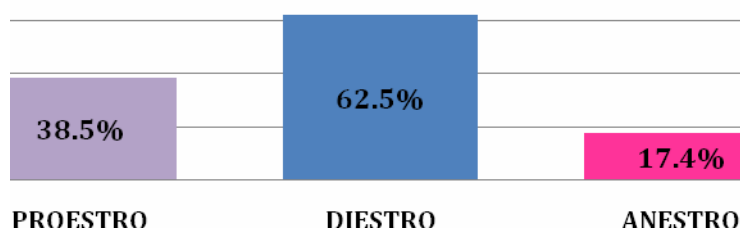
CUADRO 2
PORCENTAJE DE GESTACIÓN A LOS 90 DÍAS, RESPECTO A LA FASE DEL CICLO
ESTRAL ANTES DE LA SINCRONIZACIÓN

PORCENTAJE	PROESTRO	DIESTRO	ANESTRO	
GESTANTES	19.61	9.80	5.88	35.29 ^b
VACIAS	31.37	5.88	27.45	64.71 ^b
TOTAL	50.98 ^a	15.69 ^a	33.33 ^a	100

^{a,b} Literales distintas denotan dependencia entre variables ($p < 0.05$).

En base a esta asociación se determino que del 100% de las vacas que se encontraban en diestro, el 62.5% resultaron gestantes, seguidas por las de proestro (38.5%) y por último las vacas en anestro (17.4%).

Figura 4.
Porcentaje de gestación de acuerdo a la actividad
ovárica



Por otro lado, la variable de actividad ovárica previa a la sincronización (fase del ciclo estral), en relación a la presentación del estro al 1er, 2do y 3er día después de retirar el implante, no mostró tener asociación ($p > 0.05$).

CUADRO 3
PORCENTAJE DE PRESENTACIÓN DE ESTROS DESPUES DE RETIRAR EL IMPLANTE,
RESPECTO A LA ACTIVIDAD OVÁRICA PREVIA A LA SINCRONIZACIÓN

PORCENTAJE	PROESTRO	DIESTRO	ANESTRO	
1er DÍA	21.57	5.88	11.76	39.22 ^a
2do DÍA	19.61	7.84	13.73	41.18 ^a
3er DÍA	9.80	1.96	7.84	19.61 ^a
TOTAL	50.98 ^a	15.69 ^a	33.33 ^a	100

^a Literales iguales denotan independencia entre variables ($p > 0.05$).

5. DISCUSIÓN

5.1. ACTIVIDAD OVÁRICA

La actividad ovárica, registrada en base a las estructuras ováricas encontradas antes de la sincronización fue de 50.98% de vacas en proestro, 15.69% en diestro y 33.33% en

anestro, sin encontrarse hembras en fase de estro ni metaestro. Estos resultados muestran que una tercera parte de las hembras utilizadas en este estudio se encontraba con ovarios estáticos, lo que coincide con los largos periodos de anestro posparto comúnmente encontrados en el trópico (Anta *et al.*, 1989), sin embargo este porcentaje es menor a lo reportado por Soto *et al* (1999), quienes evaluaron la actividad ovárica de bovinos cebús en condiciones tropicales por medio de palpación transrectal, encontrando que solo el 42% de las vacas presentaron algún tipo de estructura palpable (cuerpos lúteos o folículos) en los ovarios, mientras que el 58% se consideraron ovarios estáticos; de igual forma que Delgado (2000), quien reportó que en condiciones tropicales, más del 60% de las vacas cebuinas, se encontraban en anestro.

Al respecto, la duración del anestro posparto es una de las principales causas que afectan la eficiencia reproductiva en el ganado de las regiones tropicales, incrementando su duración por efecto del amamantamiento y la presencia continua del becerro, al inhibir la secreción de GnRH y LH (Toribio *et al.*, 1995).

5.2. TASA DE SINCRONIZACIÓN

La tasa de sincronización resultante al tratamiento con Crestar fue del 100%, lo que coincide con lo obtenido por Quezada *et al* (2004) y Larocca *et al* (2005).

La tasa de sincronización fue dividida en un 40% de las hembras que presentaron estro al 1er día, 41.82% al 2do día y 18.18% al 3er día, después de haber retirado el implante; con lo cual podemos observar que la mayoría se sincronizó dentro las primeras 48 hrs, muy cercano a lo que reporta Centurión *et al* (1994), quienes encuentran que la duración media del intervalo entre el retiro del implante y la aparición del celo fue de 38 horas, con un rango de 25 a 63 horas; en similitud con los resultados de Porras *et al* (1990), quienes informaron que los celos se iniciaron a partir de las 24 horas y la mayor manifestación de ellos se registró alrededor de las 36 hora en vacas *Bos taurus* bajo condiciones de trópico.

Un porcentaje menor de sincronización (90.6%) dentro de las primeras 40 a 70 horas, fue registrado por Silva *et al* (2002), observando el mayor porcentaje de estros entre las 40 y 50 horas después de retirar el implante.

5.3. TASA DE GESTACIÓN

La tasa de gestación al primer estro sincronizado y un servicio con inseminación artificial, fue del 32.73%, sin embargo se observó que este resultado contrasta con el

elevado porcentaje de vacas no repetidoras a los 21 días el cual fue de 67.27 %, ya que al no retornar en celo las hembras a los 21 días, puede presumirse que probablemente estén gestantes, sin embargo alrededor de la mitad de estas se diagnosticaron vacías a los 90 días, lo que puede deberse a posibles reabsorciones embrionarias. La mortalidad embrionaria puede ser sospechada en toda hembra que retorna al celo post-servicio después de un plazo superior a la duración normal del ciclo estral. Entre las causas no podemos descartar una serie de enfermedades reproductivas, especialmente DVB, IBR, campilobacteriosis y trichomoniasis, además de una pobre condición corporal (< 2.5) (Mann, 2002).

El éxito de una gestación depende de una correcta interrelación hormonal del cuerpo lúteo y del endometrio. Las pérdidas embrionales, se deben fundamentalmente a que el embrión no alcanza a producir suficiente cantidad de Interferón T para inhibir el factor luteolítico (PGF2 α), lo que puede indicar una deficiencia energética del animal (disminución de la actividad secretora del CL) debido a alteraciones en la secreción de P4. Uno de los problemas básicos para mantener una adecuada secreción de P4 es una correcta nutrición, especialmente lo concerniente a la energía que requiere la vaca. Si sometemos los animales a un período de restricción energética post-servicio, la mortalidad embrionaria será elevada, debida a una falta de sostén progesterónico (Mann, 2002).

La tasa de gestación obtenida a los 90 días posinseminación en este estudio, es inferior comparándola con lo reportado por diversos autores como: Del Águila (2007) quien obtuvo el 47.1% de fertilidad en ganado cebú, bajo condiciones de crianza extensiva en el trópico; así como Quezada *et al* (2004), que obtuvieron un 58.3% de concepción con un servicio al primer estro sincronizado con Crestar en ganado cebú.

En otro estudio, realizado con novillas Brahman (*Bos indicus*) sincronizadas con Crestar y servidas mediante monta natural, distribuidas en cuatro grupos con diferente toro de la misma raza, la tasa de gestación varió de 37.5% en el grupo 2, 58.3% del grupo 1, 62.5% en el grupo 3 y 71.4% en el grupo 4. La tasa general de fertilidad obtenida fue de alrededor del 57% (Silva *et al.*, 2002).

Esperón *et al* (1997), obtuvo el 47% como promedio general de fertilidad, al comparar diferentes épocas del año bajo sincronización con Crestar y un servicio con inseminación artificial a tiempo fijo. En época de primavera, obtuvo un 60.0 %, en verano 55.5 % en otoño 33.3 % y en invierno 33.3 %. Aunque no detectó influencia con significancia estadística, de la época del año sobre la fertilidad y el efecto

sincronizador del implante, se puede observar que tanto en otoño como en invierno el porcentaje fue menor en comparación con primavera y verano, estos resultados coinciden con el porcentaje obtenido en este estudio (32.7%), el cual fue realizado entre verano y otoño. Según varios autores, la época del año puede influir negativamente sobre el reinicio de la actividad ovárica posparto, la presentación del estro, el porcentaje de fertilidad al primer servicio, y la eficacia reproductiva en general de las hembras cebuinas en condiciones tropicales (Kruif, 1978). El efecto de la época del año se ha visto determinado principalmente por una interacción de temperatura, fotoperiodo, precipitación pluvial y disponibilidad de forrajes (Kruif, 1978; Lozano *et al.*, 1992), dando como resultado las diferencias entre estaciones, viéndose mejores resultados en la primavera que en el otoño (Richards *et al.*, 1986; Galina *et al.*, 1987).

De acuerdo al bajo porcentaje de gestación obtenido en el presente estudio, en comparación con los autores que se han citado anteriormente, este puede ser atribuido a la baja condición corporal (2 a 2.5) que presentaban en su mayoría las hembras utilizadas. Es conocida la importante relación que existe entre el nivel nutricional de las hembras y su fertilidad observándose que la tasa de preñez aumenta a medida que mejora la condición corporal de las vacas al inicio del servicio (Melo y Boetto, 1999). Esto se explica ya que en los trabajos de investigación anteriormente citados, tanto Esperón *et al* (1997), Silva *et al* (2002) y Quezada *et al* (2004); reportan haber utilizado hembras con condición corporal mínima de 3 puntos en la escala del 1 al 5.

Witt *et al* (1997), observaron que al sincronizar con un implante de norgestomet-estradiol, en vacas Hereford con estado corporal 3 a 3.5, cría al pie de 70 días de edad y destete temporal de 48 hrs, desde la extracción del implante hasta la inseminación artificial sistemática, se logró un 51.7 % de fertilidad; por otro lado en vientres con menor tiempo posparto y condición corporal más pobre (2 a 2.5), lograron 38.8 %.

Otro factor aunado a la mala condición corporal en las vacas del presente estudio, es que ellas permanecieron todo el tiempo con sus crías. Existen evidencias de que las vacas con estímulos frecuentes de amamantamiento presentan períodos más prolongados de anestro y bajos porcentajes de concepción a través de la inhibición del eje hipotálamo-hipófisis-ovario (Williams 1990; Williams y Griffith, 1992).

Un aspecto más a considerar, es la probable imprecisión en la detección de estros, ya que es bien sabido que en el ganado *Bos indicus* existen pautas de conducta propias de esta especie como la conducta estral por imitación e influencias de jerarquía social en el hato (Galina y Arthur, 1990; Medrano *et al.*, 1996). Estas conductas afectan la exactitud

con la cual se detecta el inicio del estro, provocando fallas en la concepción debido a inseminaciones hechas en momentos inapropiados y que reducen en forma significativa el éxito de los programas de sincronización (Gutiérrez *et al*, 1995).

Por otro lado, al comparar la tasa de gestación (32.73%), obtenida en el presente estudio, frente al promedio del 50% registrado en el trópico bajo el esquema tradicional de monta directa (Kruif, 1978; Hinojosa y Segura 1986; Segura y Rodríguez, 2000; Córdova y Pérez, 2002), se pudo observar una diferencia significativa ($p < 0.05$) a favor del parámetro (50%), comprobándose que es superior al porcentaje obtenido en este estudio.

Estos resultados pueden explicarse, debido a que se ha encontrado que generalmente la fertilidad del ganado en el trópico disminuye alrededor de un 15% en hembras a las cuales se les induce el celo, en comparación con aquellas que presentan estro natural (Galina *et al.*, 1987; Bearden y Fuquay, 1992). Tal reducción ha sido atribuida al desarrollo de folículos dominantes persistentes que suprimen nuevas oleadas foliculares reduciendo la fertilidad (Revah y Butler, 1996).

A pesar de saberse, que en la mayoría de los países tropicales existe todavía un elevado porcentaje de programas reproductivos basados en monta natural, debido a exigencias productivas, la implementación de inseminación artificial ha aumentado considerablemente ya que brinda a la industria bovina la oportunidad de utilizar material genético de alta calidad y un medio económico y de bajo costo para aumentar la productividad ganadera (Porrás y Galina, 1991). Es por ello que tomando en cuenta la baja detección de los celos espontáneos detectados en el trópico (Galina *et al.*, 1982), se hace necesario el uso de la sincronización de estros al implementar programas de inseminación, disminuyendo de esta manera el tiempo, costo y labor requeridos para esta tarea y aumentando de forma importante el porcentaje de estros detectados y por consiguiente el número de hembras inseminadas, mejorando los índices reproductivos (Galina y Arthur, 1990).

Otros factores que pueden afectar la fertilidad después de la sincronización son la calidad del semen, técnica de inseminación, tamaño y edad de las vaquillas entre otros (Galina y Arthur, 1990)

5.4. CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES

Se determinó que la actividad ovárica se encuentra relacionada con la tasa de concepción, observándose que del 100% de las vacas que se encontraban en diestro, el

62.5% resultaron gestantes, seguidas por las de proestro (38.5%) y por último las vacas en anestro (17.4%).

Este resultado muestra un mayor porcentaje de fertilidad en la fase de diestro, dicha asociación puede verse explicada debido a que en los programas de sincronización con progestágenos, se ha observado que la ausencia de un cuerpo lúteo al inicio del tratamiento, afecta el recambio folicular, persistiendo el folículo dominante durante el periodo de administración del progestágeno y ovulando después de retirar el tratamiento (Anderson y Day, 1994; Mata *et al.*, 2001). La fertilidad de las vacas que ovulan folículos con periodos largos de dominancia disminuye significativamente y se asocia con alteraciones en la maduración del ovocito (Revah y Butler, 1996). El folículo dominante persistente se presenta debido a que las concentraciones sanguíneas que alcanzan los progestágenos, no suprimen eficientemente la frecuencia de los pulsos de LH, como ocurre durante una fase lútea normal. Los ovocitos ovulados son viejos, y si son fertilizados resultan en embriones de pobre calidad con poca capacidad de desarrollo (Lucy et al, 1990; Sirois y Fortune, 1994; Savio et al, 1993).

6. CONCLUSIONES

Al sincronizar un lote de hembras cebuinas con el tratamiento hormonal Crestar (norgestomet-estradiol) se obtuvo una tasa de sincronización de 100%, así como una tasa de fertilidad de 32.7% bajo una inseminación artificial al primer celo detectado. Este porcentaje de fertilidad obtenido resultó ser significativamente inferior al parámetro reportado en el trópico (50%), bajo el esquema tradicional de monta directa. Así también, se encontró asociación entre la fertilidad y la actividad ovárica antes del tratamiento, observándose que el mayor porcentaje de gestación (62.5%) se obtuvo cuando las vacas se sincronizaron en diestro.

Debido a la alta tasa de sincronización, a la tasa de gestación obtenidas y tomando en cuenta las condiciones del estudio se concluye que el uso del tratamiento hormonal a base de norgestomet-estradiol, representa una alternativa para mejorar los índices reproductivos del ganado cebuino, ya que demostró contribuye a aumentar el número de estros detectados y el número de hembras servidas tanto cíclicas como en anestro, obteniéndose una alta tasa de gestación cuando las hembras se sincronizan en diestro, lo cual reduce los periodos de anestro posparto y facilita el uso de la inseminación artificial acelerando el mejoramiento genético de los bovinos tipo cebú explotados en el trópico, contrariamente a lo que sucede con los programas de monta natural donde el progreso genético generalmente es muy lento.

7. RECOMENDACIONES

Por último se hace hincapié en que integrar en los programas de sincronización el control de la Condición Corporal mediante un manejo nutricional adecuando y establecer la restricción del amamantamiento en los lotes de inseminación, son factores claves para garantizar el éxito de los programas de sincronización en bovinos.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Améndola RD. A dairy system based on forages and grazing in temperate Mexico (PhD thesis). The Netherlands: Wageningen University, 2002.
- Anderson LH, Day ML. Acute progesterone administration regresses persistent dominant follicle and improves fertility of cattle in which estrus was synchronized with melengestrol acetate. *J Anim Sci* 1994; 72: 2955-2961.
- Anta E, Rivera JA, Galina C, Porras A, Zarco L. Análisis de la información publicada en México sobre eficiencia reproductiva de los bovinos. II Parámetros reproductivos. *Vet Méx* 1989; 20: 11-18.
- Arthur GH, Noakes DE, Pearson H. Reproducción y obstetricia en veterinaria. 6ta ed. McGraw-Hill Interamericana de España, 1991.
- Austin EJ, Mihm M, Ryan MP, Williams DH, Roche JF. Effect of duration of dominance of the ovulatory follicle on onset of estrus and fertility in heifers. *J Anim Sci* 1999; 77: 2219-2226.
- Baca JR, Pérez E, Galina CS. Comportamiento reproductivo de vacas *Bos taurus x Bos indicus* bajo programas de inseminación artificial a estro sincronizado y natural en condiciones del trópico seco de Costa Rica. *Vet Mex* 1998; 29: 67-73.
- Barros CM, Moreira MBP, Figueiredo RA, Teixeira AB, Trinca LA. Synchronization of ovulation in beef cows (*Bos Indicus*) Using GnRh, PgF₂ α and estradiol benzoate. *Theriogenology* 2000; 53: 1121-1134.
- Baruselli PS, Reis EL, Marques MO, Nasser F, Bó GA. The use of hormonal treatments to improve reproductive performance of anestrus beef cattle in tropical climates. *Anim Reprod Sci* 2004; 82-83: 479-486.
- Bearden HJ, Fuquay WJ. Applied animal reproduction. 3rd ed. New Jersey: Prentice Hall. Englewood, 1992.
- Bevers MM, Dieleman SJ. Superovulation of cows with PMSG: variation in plasma concentration of progesterone, oestradiol, LH, cortisol, prolactin and PMSG and in number of preovulatory follicles. *Anim Reprod Sci* 1987; 15: 37.
- Bo GA, Baruselli PS, Martinez M. Pattern and manipulation of follicular development in *Bos indicus* cattle. *Anim Reprod Sci* 2003; 78: 307-326.

- Bo GA, Pierson RA, Mapletoft RJ. The effect of estradiol valerate and follicular dynamics and superovulatory response in cows with Syncro-mate-B implants. *Theriogenology* 1991; 36: 169-184.
- Boada M. Inducción y sincronización del ciclo estral en vacas Brahman, paridas con reposo ovárico (tesis licenciatura). Santa Fe de Bogotá, Colombia: Universidad de Ciencias Agropecuarias, 1994.
- Borchert KM, Farin CE, Washburn SP. Effect of estrus synchronization with norgestomet on the integrity of oocytes from persistent follicles in beef cattle. *J Anim Sci* 1999; 77: 2742-2748.
- Burke CR, Mihm M, Macmillan KL, Roche JF. Some effects of prematurely elevated concentrations of progesterone on luteal and follicular characteristics during the oestrous cycle in heifers. *Anim Reprod Sci* 1994; 35: 27-39.
- Callejas S. Control Farmacológico del Ciclo Estral Bovino: Bases Fisiológicas, Protocolos y Resultados. *Taurus* 2004; 6(24):22-34.
- Carmona MA. Adaptación genético ambiental al trópico húmedo en *Bos taurus*, *Bos indicus* y sus cruzas (Tesis de maestría). México: Colegio de Postgraduados Institución de enseñanza e investigación en Ciencias Agrícolas. Centro de Ganadería Chapingo, 1980.
- Carvalho RJ. Uso do protocolo Crestar en tratamientos utilizando benzoato de estradiol, PGF 2α , PMSG y GnRH para el control del ciclo estral y ovulación en vacas de corte (tesis de maestría). São Paulo: Universidad de São Paulo, 2002.
- Castro A. Factores que influyen en el reinicio de la actividad ovárica postparto en vacas cebú combinando tratamientos de Syncro-Mate BÒ y destete temporal por 48 horas en la zona de San Carlos, Alajuela (tesis de licenciatura). Heredia Costa Rica: Escuela de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Nacional, 1995.
- Centurión CF, Castro SV, Montes PR. Fertilidad de vacas (*Bos indicus*) inseminadas en un periodo fijo del día. *Livestock Research for Rural Development* 1994; 6 (2).
- Córdova IA, Pérez GJF. Indicadores reproductivos de bovinos en el trópico mexicano y factores que lo determinan. *Med Vet* 2002; vol. 19 (3): 47-56.

- Daniel, Wayne W. Bioestadística: base para el análisis de las ciencias de la salud. 4a ed. México. Limusa. 2005.
- De Alba J. Panorama actual de la ganadería mexicana. Memoria del Seminario Internacional de Ganadería Tropical. FIRA, SAG, Banco de México, Acapulco Guerrero, Mexico, 1976: 41-62.
- De Silva AWMV, Anderson GW, Gwazdauskas FC, McGilliard ML, Lineweaver JA. Interrelationships with estrous behaviour and conception in dairy cattle. *J Dairy Sc* 1981; 64: 2409.
- Dejarnete JM, House RB, Ayars WH, Wallace RA, Marshall CE. Synchronization of estrus in postpartum beef cows and virgin heifers using combinations of melengestrol acetate, GnRH, and PGF2 α . *J Anim Sci* 2004; 82: 867-877.
- Del Águila L, Camacho J, Ampuero A, Suárez F, Huamán H, Huanca W. Impacto de la sincronización de estro e inseminación artificial a tiempo fijo sobre el comportamiento reproductivo en vacas cebuinas. Sitio Argentino de Producción Animal 2007. Available at: <http://www.produccionbovina.com>
- Delgado de LRA. Efecto de la condición corporal al parto y sus cambios a la lactancia sobre el comportamiento reproductivo posparto de vacas cebú en la región oriente del estado de Yucatán, México (tesis de maestría). Colima México: Universidad de Colima, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 2000.
- Esperón SAE, López BB, Silva PE, Galina HMA, Carmona MMA, González LGI. Fertilidad en hembras cebuinas inseminadas después de aplicar un Implante hormonal. *Arch Latinoam Prod Anim* 1997; 1: 393-395.
- Evans ACO, Adams GP, Rawlings NC. Endocrine and ovarian follicular changes leading up to the first ovulation in prepubertal heifers. *J Reprod Fertil* 1994; 100:187-194.
- FAO-SAGARPA. Evaluación Establecimiento de Praderas 2000. Sistema de Evaluación de la Alianza para el Campo, 2001. Available at: <http://www.evalalianza.org.mx>.
- Feo JCS de A. Frecuencia de prenhez nos com os uterinos a sua relacao como o sexo do produto em femeas bovinas da raza Holandesa. Revista da Facultad de Medicina Veterinaria e Zootecnia da Universidade de São Paulo. 19:204 (1982).

- Galina CS, Duchateau A, Navarro- Fierro R. Assessment of the reproductive efficiency of *Bos indicus* cattle in the tropical areas of México. Memorias de la Reunión de la Agencia Internacional de Energía Atómica. México; 1986: 215 -223.
- Galina CS, Orihuela A, Duchateau A. Reproductive Physiology in Zebú cattle: Unique reproductive aspects that affect their performance. *Vet Clin North Amer* 1987; 3: 619-632.
- Galina CS y Arthur GH. Review on cattle reproduction in the tropics. Part 4. Oestrous cycles. *Anim Breed Abstr* 1990; 58:697-707.
- Galina CS, Arthur, GH. Review of cattle reproduction in the tropics. 2. Parturition and Calving Intervals. *Anim Breed Abstr* 1989; 57: 679-686.
- Galina CS, Calderon A, McCloskey M. Detection of signs of estrus in the Charolais cow and its Brahman cross under continuous observation. *Theriogenology* 1982; 17: 485-498.
- Galina MA, Guerrero M. La ganadería mexicana, características y perspectivas del sector. *Avances en Investigación Agropecuaria* 1993; 2(1):13- 40.
- Garverick HA, Smith MF. Mechanisms associated with subnormal luteal function. *J Anim Sci* 1986; 62 (2): 92-105.
- Geary TW, Reeves JJ, Schafer DW, Evans RR, Randel RD, Rutter LM, Sasser RG, Guardia R, Alexander B, Holcombe D, Hanks DR, Faulkner DB. Norgestomet implants prevent pregnancy in beef heifers on pasture. *J Anim Sci* 1997; 75: 3089-3093.
- González LV, Fuquay JW, Bearden HJ. Insemination management for a one-injection prostaglandin F2 alpha synchronization regimen I one daily insemination period versus use of the AM/PM rule. *Theriogenology* 1985; 24: 495-501.
- Gordon I. Reproducción controlada del ganado vacuno y búfalos, 1ª Ed. Editorial Acribia. España, 1999.
- Griffith MK, Williams GL. Roles of maternal and olfaction in suckling- mediated inhibition of luteinizing hormone secretion expression of maternal sensitivity and lactational performance of beef cows. *Biol Reprod* 1996; 54: 761-768.
- Gutierrez C, Galina CS, Zarco L, Rubio I. Evaluation of ovarian activity in Gyr and Indobrazil crossbred Holstein heifers during the months of March to June in the wet

tropics of México. *Int J Anim Sci* 1995; 10: 17-20.

- Hafez ESE. Reproducción e inseminación artificial en animales. 7ta ed. México DF: McGraw-Hill Interamericana, 2002.
- Hansel W, Beal WE. Ovulation control in beef cattle. *Beltsville Symposium in Agricultural Research III. Animal Reproduction* 1979; 91-110.
- Hardin DR, Warnick AC, Wise TH, Schultz RH, Fields MJ. Artificial insemination of subtropical commercial beef cattle following synchronization with cloprostenol. *Fertility Teriogenology* 1980; 14: 249- 258.
- Hinojosa CJ, Segura CJ. Eficiencia reproductiva de un hato cebú comercial bajo condiciones tropicales. II. Intervalo entre partos. *Vet Méx* 1986; (17): 255-259.
- Hughes J, Smith TW, Kosterlitz HW, Forthergill LS, Morgan BA, Morris HR. Identification of two related pentapeptides from the brain with potent opiate agonist activity. *Nature* 1975; 258:577-579.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México. 2009. <http://www.inegi.org.mx>
- Javier MC. Efecto del Clima Tropical en la Producción Bovina de Leche y Carne. Memoria de la 2da reunión sobre Producción Animal Tropical. Mérida Yucatán, México. Universidad de Mérida Yucatán, 1990; 101-103.
- Kiracofe GH, Wright JM, Newby TJ. Reproductive characteristics of cycle beef heifers treated with the prostaglandin analog luprostirol. *Theriogenology* 1988; 30: 931-936.
- Köppen, W. Climatología. Primera Ed. Fondo de Cultura Económica-México. 1948.
- Kruif A. Factors influencing the fertility of a cattle population. *J Reprod Fert* 1978; 54: 507-518.
- Larocca C, Lago I, Fernández A, Rosés G, Lanza R, Armand UP, Boggio DJC. Alternativas para la sincronización del estro en vaquillonas Holstein Uruguayo (HU). *RC* 2005; 15 (6): 512-516.
- Lozano DRR, Leyva RG, Moreno FLA. Efecto del medio ambiente sobre el comportamiento reproductivo y la fertilidad de vacas de la raza suizo americano en el trópico subhúmedo. *Téc Pec Méx* 1992; 30 (3): 208-222.
- Lucy MC, Savio JD, Badinga L, De La Sota RL, Thatcher WW. Factors that affect

ovarian follicular dynamics in cattle. *J Anim Sci* 1992; 70: 3615-3626.

- Lucy MC, Stevenson JS, Call EP. Controlling first service and calving interval by prostaglandin F2a hormone, and timed insemination. *J Dairy Sci* 1986; 69: 2186-2194.
- Lucy MC, Thatcher WW, Macmillan KL. Ultrasonic identification of follicular populations and returns to estrus in early postpartum dairy cows given intravaginal progesterone for 15 days. *Theriogenology* 1990; 34: 325.
- Macmillan KL, Asher GW. Developments in artificial insemination and controlled breeding in dairy cattle and deer in New Zealand. *Proc NZ Soc Anim Prod* 1990; 50:123.
- Macmillan KL, Petersen AJ. A new intravaginal progesterone releasing device for cattle (CIDR-B) for oestrous synchronisation, increasing pregnancy rates and the treatment of post-partum anoestrus. *Anim Repr Sci* 1993; 33:1-25.
- Macmillan KL, Taufa VK, Day AM. Combination treatments for synchronising oestrus in dairy heifer. *Proc NZ Soc Anim Prod* 1993; 53: 267-270.
- Mali SL, Narawade VS. A note on postpartum oestrus interval in Gyr cattle. *Indian Vet J* 1984; 61:436-437.
- Mann, G. Corpus luteum function and early embryonic death in bovine. *Memorias del XXII Congreso Mundial de Buiatría. Alemania* 2002: 300-306.
- Mata CA, Hernández CJ, y González PE. Efecto del norgestomet inyectado sobre el folículo dominante persistente y la formación del cuerpo lúteo en vacas sincronizadas con implantes de norgestomet. *Vet Mex* 2001; 32:19-25.
- Mateos RA, Rubio GI, Basurto CH. Sincronización de estros en un hato bovino cebú en el trópico húmedo. *Memorias del XIX Congreso Nacional de Buiatría. Torreón Coahuila, México; México (DF): Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos, AC, 1995: 380.*
- Mattoni M, Mukasa-Mugerwa G, Cecchini G and Sovani S. The reproductive performance of East African (*Bos indicus*) zebu cattle in Ethiopia. I. Estrous cycle length, duration, behaviour and ovulation time. *Theriogenology* 1988; 30: 961-971.

- McDougall S, Macmillan KL, Williamson NB. The effect of oestradiol- 17B on the rising and plateau dominant follicle in anoestrous cows. *Theriogenology* 1994; 41: 252.
- Medrano EA, Hernández O, Lamothe C, Galina CS. Evidence of asynchrony in the onset of signs of oestrus in zebu cattle treated with a progesterone ear implant. *Research in Veterinary Science* 1996; 60: 51-54.
- Melo O, Boetto C. Efecto de la nutrición sobre la fertilidad en la vaca de cría. Módulo V del Curso de Pos Grado en Reproducción Bovina (IRAC) 1999; 37-61.
- Menninger-Lerchenthal, E. (1934) Schwangerschaft und Geburt morphinistischer Frauen. *Zentbl. Gynäk.* 58, 1044-1051.
- Menninger-Lerchenthal, E.: Die Morphinkrankheit der Neugeborenen morphinischer Mütter. *Mschr. Kinderheilk.* 60, 182–193 (1934).
- Montiel F. Actividad ovárica post-parto en bovinos de doble propósito en el trópico húmedo mexicano (tesis doctoral). México DF: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 2001.
- Murphy MG, Bolan MP, Roche JF. Pattern of follicular growth and resumption of ovarian activity in post-partum beef suckler cows. *J Reprod Fertil* 1990; 90: 523-533.
- Nogueira GP. Puberty in South American *Bos indicus* (Zebu) cattle. *Anim Repr Sci* 2004; 82-83:361-372
- Odde KG. A review of synchronization of estrus in postpartum cattle. *J Anim Sci* 1990; 68: 817-830.
- Orihuela A, Galina CS, Escobar FJ and Riquelme E. Estrous behavior following prostaglandin F2a injection in Zebu cattle under continuous observation. *Theriogenology* 1983; 19: 795-808.
- Orihuela A, Galina CS. Social order measured in pasture and pen conditions and its relationship to sexual behavior in Brahman (*Bos indicus*) cows. *Applied Animal Behaviour Science* 1997; 52:3-11.
- Orihuela JA. Conducta estral del ganado Cebú (tesis de maestría). México DF: Universidad Nacional Autónoma de México, 1982.
- Patterson DJ, Wood SL, Kojima FN, Smith MF. Current and emerging systems to

synchronize estrus. Memorias del VIII Curso Internacional de Reproducción Bovina, México DF. 2000; 97-110.

- Penny CD, Lowman BG, Scott NA, Scott PR. Repeated oestrus synchrony and fixed time AI in beef cows at pasture. *Vet Rec* 1997; 140: 496-498.
- Pérez QLA, Esperón SAE, López BB, Altamirano AF. Evaluación de un método artesanal para preservar semen bovino. Memorias del XXXII Congreso Nacional de Buiatría; 2008 agosto 14-16; Boca del Río (Veracruz) México. México (DF): Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos, AC, 2008: 591.
- Porras AA, Galina HC y Zarco QL. Inducción y sincronización de estros utilizando progestágenos. Memorias del curso Internacional de Reproducción Bovina. 1990. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. México DF; 126-142.
- Porras AI, Galina CS. Utilización de la prostaglandina F2 α y sus análogos para la manipulación del ciclo estral bovino. *Vet Mex* 1991; 22: 401-405.
- Pratt BR, Berardinelle JG, Stevens LP, Inskeep EK. Induced corpora lutea in the postpartum beef cow: I. Comparison of gonadotropin relasing hormone and human chorionic gonadotropin and effects of progestogen and estrogen. *J Anim Sci* 1982; 54: 822-829.
- Quezada CA, Ramírez GA, Pérez CF, Avendaño RL, Hallford DN. Comparación de dos protocolos de sincronización del estro en vaquillas de carne con distintas calificaciones de tracto reproductivo. *INCI* 2004; 29 (11): 638-642.
- Randel RD. LH and ovulation in Brahman, Brahman x Hereford and Hereford heifers. *J Anim Sci* 1976; 43: 300-306.
- Revah I, Butler WR. Prolonged dominance of follicles and reduced viability of bovine oocytes. *J Reprod Fert* 1996; 106: 39-47.
- Richards MW, Spitzer JC, Warner MB. Effect of varying levels of postpartum nutrition and body condition at calving on subsequent reproductive performance in beef cattle. *J Anim Sci* 1986; 62: 300-306.
- Roche JF, Ireland JJ. Manipulation of ovulation in cattle. *10th Int Cong Anim Reprod AI*. University of Illinois at Urbana-Champaign (USA), 10-14 Jun; 4:9-17
- Roche JF, Crowe MA, Boland MP. Postpartum anoestrus in dairy and beef cows.

Anim Reprod Sci 1992; 28: 371-378.

- Ruckebusch Y, Philippe PL, Dunlop R. Fisiología de pequeñas y grandes especies. 1a ed. El manual moderno: México DF, 1994.
- Ryan DP, Snijders S, Yaakub H, O'Farrell KJ. An evaluation of estrus synchronization programs in reproductive management of dairy herds. *Anim Sci* 1995; 73: 3687-3695.
- Sa Filho MF, Reis EL, Viel JO, Nichi M, Madureira EH, Baruselli PS. Dinámica folicular de vacas Nelore lactantes en anestro tratadas con progestágeno, eCG y GnRH. *Acta Sc Vet* 2004; 32: 235.
- SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. La producción de carnes en México y sus perspectivas 1990-2000. Centro de Estadística Agropecuaria. 2005. <http://www.sagar.gob.mx> .
- Savio JD, Boland MP, Roche JF. Development of dominant follicles and length of ovarian cycles in post-partum dairy cows. *J Reprod Fert* 1990; 88: 581-591.
- Savio JD, Thatcher WW, Morris GR, Entwistle K, Drost M, Mattiacci MR. Effects of induction of low plasma progesterone concentrations with a progesterone-releasing intravaginal device on follicular turnover and fertility in cattle. *J Reprod. Fertil* 1993; 98: 77-84.
- Scena CG, Callejas SS, Piccinali RLJ. Efecto de un implante con progestágeno en vacas de cría en anestro con destete precoz. *Rev Arg Prod Animal* 1997; 17 (1): 226-227.
- Scena CG, Peralta RU, Callejas SS, Lucchelli A. Efecto de diferentes combinaciones de un implante progestágeno, PMSG y destete temporario sobre la tasa de preñez con I.A. sistemática en vacas Brahman en anestro. *Rev Arg Prod Animal* 1998; 18 (1): 338.
- Segura CVM, Rodríguez ROL. Comportamiento reproductivo de vacas cebú sometidas a amamantamiento nocturno. *Tec Pecu Méx* 2000; 38(1): 67-72.
- Senger PL. The estrus detection problem: new concepts, technologies, and possibilities. *J Dairy Sci* 1994; 77: 2745-2753.
- Short RE, Bellows RA, Staigmiller RB, Berardinelli JG, Custer EE. Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *J Anim Sci*

1990; 68: 799-816.

- SIAP. Sistema Integral de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2004. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>.
- Silva MC, Guzmán CR, Delgado LR, Aké LR. Respuesta de novillas Brahman a la sincronización del estro con progestagenos; conducta sexual y tasa de gestación. *Rev Biomed* 2002; 13: 265-271.
- Sirois J, Fortune JE. Lengthening the bovine estrous cycle with low levels of exogenous progesterone: a model for studying ovarian follicular dominance. *Endocrinology* 1994; 127:916-925.
- Solano R, Caral J, Martínez G y Tarrero R. Distribución, duración y detección del estro en ganado bovino. Momento de la ovulación. *Revista Cubana de Reproducción Animal* 1982; 8: 69-82.
- Soto HC, Bernardo H, González B, Rossi M, Godoy S, Bello A. Evaluación de la actividad ovárica de bovinos explotados en condiciones tropicales. *Zootecnia Tropical* 1999; 17 (1): 3-171.
- Thatcher WW and Collier RJ. Effects of climate on bovine reproduction. In: Morrow D A (Ed). *Current Therapy in Theriogenology*. W B Saunders. Co. Philadelphia, 1986; 301-309.
- Thatcher WW, Macmillan KL, Hansen PJ, Drost M. Concepts for regulation of corpus luteum function by the conceptus and ovarian follicles to improve fertility. *Theriogenology* 1989; 31: 149-164.
- Thatcher WW, Schitt EJP, De La Sota RL, Burke J, Risco C, Staples CR, Drost M. Sincronización del estro en rodeos lecheros: manejo del desarrollo folicular con GnRH, inseminación a tiempo fijo, conceptos de sincronización. II Simposio Internacional de Reproducción Animal; 1996 octubre 31 a noviembre 2; Córdoba, Argentina, 1996: 109-130.
- Toribio RE, Molina JR, Forsberg M, Kindahl H, Edquist LE. Effects of calf removal at parturition on postpartum ovarian activity in zebu (*Bos indicus*) cows in the humid tropics. *Acta Veterinaria Scandinavica* 1995; 36: 343-352.

- Trimberger GW. Breeding efficiency in dairy cattle from artificial insemination at various intervals before and after ovulation. *Nebraska Agric. Exp. Sta. Res. Bull* 1948; 153-1-26.
- Turzillo AM, Fortune JE. Suppression of the secondary FSH surge with bovine follicular fluid is associated with delayed ovarian follicular development in heifers. *J Reprod Ferti* 1990; 89: 643-653.
- Vaca LA, Galina CS, Fernández-Baca S, Escobar FJ, Ramírez B. Oestrous cycles, oestrus and ovulation of the zebu in the Mexican tropics. *Vet Rec* 1985; 117: 434-437.
- Villa NA, Morales CA, Granada JF, Mesa H, Gómez G, Molina JJ. Evaluación de cuatro protocolos de sincronización para inseminación a tiempo fijo en vacas *Bos Indicus* lactantes. *RC* 2007; 17: 501-507.
- Vizcarra AJ, Wetterman RT, Braden TD, Turzillo AM, Nett TM. Effect of gonadotropin-releasing hormone (GnRH) pulse frequency on serum and pituitary concentrations of luteinizing hormone and folliclestimulating hormone, GnRH receptors, and messenger ribonucleic acid for gonadotropin subunits in cows. *Endocrinology* 1997; 138 (2) 594-601.
- Walker WL, Nebel RL, McGilliard ML. Time of ovulation relative to mounting activity in dairy cattle. *J Dairy Sci* 1996; 79: 1555-1561.
- Williams GL, Griffith MK. Maternal behavior and neuroendocrine regulation of suckling-mediated anovulation in cows. *J Physiology and Pharmacology* 1992; 43: 165-177.
- Williams GL, Griffith MK. Sensory and behavioral control of gonadotrophin secretion during suckling-mediated anovulation in cows. *J Reprod Ferti* 1995; 49: 463-475.
- Williams GL. Suckling as a regulator of postpartum rebreeding in cattle: A review. *J Anim Sci* 1990; 68: 831-852.
- Williams SW, Stanko RL, Amstalden M, Williams GL. Comparison of three approaches for synchronization of ovulation for timed artificial insemination in *Bos indicus*-influenced cattle managed on the Texas gulf coast *J Anim Sci* 2002; 80: 1173-1178.

- Wiltbank JN, Sturges JC, Wideman D, Lefever DG, Faulkner LC. Control of oestrus and ovulation using subcutaneous implants and oestrogen in beef cattle. *J Anim Sci* 1971; 33: 600-6.
- Witt AC, Witt GF, Witt FG. Sincronización de celos con SMB (Syncro-Mate-B). *Revista CABIA*, 1997; 10 (32): 10-27.
- Wright LA, Rhind SM, Russel AJF, Whyte TK, McBean AJ, McMillen SR. Effects of body condition, food intake and temporary calf separation on the duration of the post-partum anoestrus period and associated LH, FSH and prolactin concentrations in beef cows. *Anim Prod* 1987; 45: 395-402.
- Wright PJ, Malmo J. Pharmacologic manipulation of fertility. *Veterinary Clinics of North America* 1992; 8 (1): 57-89.
- Xu ZZ, Burton LJ, McDougall S, Jolly PD. Treatment of noncyclic lactating dairy cows with progesterone and estradiol or with progesterone, GnRH, prostaglandin F2 α and estradiol. *J Dairy Sci* 2000; 83: 464-470.
- Yavas, Walton JS. Postpartum acyclicity in suckled beef cows: a review. *Theriogenology* 2000; 54: 25-55.
- Zakari AY, Molokwu ECI, Osori KIK. Effect of season on the oestrous cycle of cows (*Bos indicus*) indigenous to northern Nigeria. *Vet Rec* 1981; 109: 213.
- Zarco QL. Efectos del stress sobre la reproducción del bovino. Memorias del III Curso Internacional de Reproducción Bovina, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. México DF 1990; 11-18.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Améndola RD. A dairy system based on forages and grazing in temperate Mexico (PhD thesis). The Netherlands: Wageningen University, 2002.
- Anderson LH, Day ML. Acute progesterone administration regresses persistent dominant follicle and improves fertility of cattle in which estrus was synchronized with melengestrol acetate. *J Anim Sci* 1994; 72: 2955-2961.
- Anta E, Rivera JA, Galina C, Porras A, Zarco L. Análisis de la información publicada en México sobre eficiencia reproductiva de los bovinos. II Parámetros reproductivos. *Vet Méx* 1989; 20: 11-18.
- Arthur GH, Noakes DE, Pearson H. Reproducción y obstetricia en veterinaria. 6ta ed. McGraw-Hill Interamericana de España, 1991.
- Austin EJ, Mihm M, Ryan MP, Williams DH, Roche JF. Effect of duration of dominance of the ovulatory follicle on onset of estrus and fertility in heifers. *J Anim Sci* 1999; 77: 2219-2226.
- Baca JR, Pérez E, Galina CS. Comportamiento reproductivo de vacas *Bos taurus x Bos indicus* bajo programas de inseminación artificial a estro sincronizado y natural en condiciones del trópico seco de Costa Rica. *Vet Mex* 1998; 29: 67-73.
- Barros CM, Moreira MBP, Figueiredo RA, Teixeira AB, Trinca LA. Synchronization of ovulation in beef cows (*Bos Indicus*) Using GnRh, PgF₂ α and estradiol benzoate. *Theriogenology* 2000; 53: 1121-1134.
- Baruselli PS, Reis EL, Marques MO, Nasser F, Bó GA. The use of hormonal treatments to improve reproductive performance of anestrus beef cattle in tropical climates. *Anim Reprod Sci* 2004; 82-83: 479-486.
- Bearden HJ, Fuquay WJ. Applied animal reproduction. 3rd ed. New Jersey: Prentice Hall. Englewood, 1992.
- Bevers MM, Dieleman SJ. Superovulation of cows with PMSG: variation in plasma concentration of progesterone, oestradiol, LH, cortisol, prolactin and PMSG and in number of preovulatory follicles. *Anim Reprod Sci* 1987; 15: 37.
- Bó GA, Baruselli PS, Martínez M. Pattern and manipulation of follicular development in *Bos indicus* cattle. *Anim Reprod Sci* 2003; 78: 307-326.

- Bo GA, Pierson RA, Mapletoft RJ. The effect of estradiol valerate and follicular dynamics and superovulatory response in cows with Syncro-mate-B implants. *Theriogenology* 1991; 36: 169-184.
- Boada M. Inducción y sincronización del ciclo estral en vacas Brahman, paridas con reposo ovárico (tesis licenciatura). Santa Fe de Bogotá, Colombia: Universidad de Ciencias Agropecuarias, 1994.
- Borchert KM, Farin CE, Washburn SP. Effect of estrus synchronization with norgestomet on the integrity of oocytes from persistent follicles in beef cattle. *J Anim Sci* 1999; 77: 2742-2748.
- Burke CR, Mihm M, Macmillan KL, Roche JF. Some effects of prematurely elevated concentrations of progesterone on luteal and follicular characteristics during the oestrous cycle in heifers. *Anim Reprod Sci* 1994; 35: 27-39.
- Callejas S. Control Farmacológico del Ciclo Estral Bovino: Bases Fisiológicas, Protocolos y Resultados. *Taurus* 2004; 6(24):22-34.
- Carmona MA. Adaptación genético ambiental al trópico húmedo en *Bos taurus*, *Bos indicus* y sus cruzas (Tesis de maestría). México: Colegio de Postgraduados Institución de enseñanza e investigación en Ciencias Agrícolas. Centro de Ganadería Chapingo, 1980.
- Carvalho RJ. Uso do protocolo Crestar en tratamientos utilizando benzoato de estradiol, PGF 2α , PMSG y GnRH para el control del ciclo estral y ovulación en vacas de corte (tesis de maestría). São Paulo: Universidad de São Paulo, 2002.
- Castro A. Factores que influyen en el reinicio de la actividad ovárica postparto en vacas cebú combinando tratamientos de Syncro-Mate BÒ y destete temporal por 48 horas en la zona de San Carlos, Alajuela (tesis de licenciatura). Heredia Costa Rica: Escuela de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Nacional, 1995.
- Centurión CF, Castro SV, Montes PR. Fertilidad de vacas (*Bos indicus*) inseminadas en un periodo fijo del día. *Livestock Research for Rural Development* 1994; 6 (2).
- Córdova IA, Pérez GJF. Indicadores reproductivos de bovinos en el trópico mexicano y factores que lo determinan. *Med Vet* 2002; vol. 19 (3): 47-56.

- Daniel, Wayne W. Bioestadística: base para el análisis de las ciencias de la salud. 4a ed. México. Limusa. 2005.
- De Alba J. Panorama actual de la ganadería mexicana. Memoria del Seminario Internacional de Ganadería Tropical. FIRA, SAG, Banco de México, Acapulco Guerrero, Mexico, 1976: 41-62.
- De Silva AWMV, Anderson GW, Gwazdauskas FC, McGilliard ML, Lineweaver JA. Interrelationships with estrous behaviour and conception in dairy cattle. *J Dairy Sc* 1981; 64: 2409.
- Dejarnete JM, House RB, Ayars WH, Wallace RA, Marshall CE. Synchronization of estrus in postpartum beef cows and virgin heifers using combinations of melengestrol acetate, GnRH, and PGF2 α . *J Anim Sci* 2004; 82: 867-877.
- Del Águila L, Camacho J, Ampuero A, Suárez F, Huamán H, Huanca W. Impacto de la sincronización de estro e inseminación artificial a tiempo fijo sobre el comportamiento reproductivo en vacas cebuinas. Sitio Argentino de Producción Animal 2007. Available at: <http://www.produccionbovina.com>
- Delgado de LRA. Efecto de la condición corporal al parto y sus cambios a la lactancia sobre el comportamiento reproductivo posparto de vacas cebú en la región oriente del estado de Yucatán, México (tesis de maestría). Colima México: Universidad de Colima, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 2000.
- Esperón SAE, López BB, Silva PE, Galina HMA, Carmona MMA, González LGI. Fertilidad en hembras cebuinas inseminadas después de aplicar un Implante hormonal. *Arch Latinoam Prod Anim* 1997; 1: 393-395.
- Evans ACO, Adams GP, Rawlings NC. Endocrine and ovarian follicular changes leading up to the first ovulation in prepubertal heifers. *J Reprod Fertil* 1994; 100:187-194.
- FAO-SAGARPA. Evaluación Establecimiento de Praderas 2000. Sistema de Evaluación de la Alianza para el Campo, 2001. Available at: <http://www.evalalianza.org.mx>.
- Feo JCS de A. Frecuencia de prenhez nos com os uterinos a sua relacao como o sexo do produto em femeas bovinas da raza Holandesa. Revista da Facultad de Medicina Veterinaria e Zootecnia da Universidade de São Paulo. 19:204 (1982).

- Galina CS, Duchateau A, Navarro- Fierro R. Assessment of the reproductive efficiency of *Bos indicus* cattle in the tropical areas of México. Memorias de la Reunión de la Agencia Internacional de Energía Atómica. México; 1986: 215 -223.
- Galina CS, Orihuela A, Duchateau A. Reproductive Physiology in Zebú cattle: Unique reproductive aspects that affect their performance. *Vet Clin North Amer* 1987; 3: 619-632.
- Galina CS y Arthur GH. Review on cattle reproduction in the tropics. Part 4. Oestrous cycles. *Anim Breed Abstr* 1990; 58:697-707.
- Galina CS, Arthur, GH. Review of cattle reproduction in the tropics. 2. Parturition and Calving Intervals. *Anim Breed Abstr* 1989; 57: 679-686.
- Galina CS, Calderon A, McCloskey M. Detection of signs of estrus in the Charolais cow and its Brahman cross under continuous observation. *Theriogenology* 1982; 17: 485-498.
- Galina MA, Guerrero M. La ganadería mexicana, características y perspectivas del sector. *Avances en Investigación Agropecuaria* 1993; 2(1):13- 40.
- Garverick HA, Smith MF. Mechanisms associated with subnormal luteal function. *J Anim Sci* 1986; 62 (2): 92-105.
- Geary TW, Reeves JJ, Schafer DW, Evans RR, Randel RD, Rutter LM, Sasser RG, Guardia R, Alexander B, Holcombe D, Hanks DR, Faulkner DB. Norgestomet implants prevent pregnancy in beef heifers on pasture. *J Anim Sci* 1997; 75: 3089-3093.
- González LV, Fuquay JW, Bearden HJ. Insemination management for a one-injection prostaglandin F2 alpha synchronization regimen I one daily insemination period versus use of the AM/PM rule. *Theriogenology* 1985; 24: 495-501.
- Gordon I. Reproducción controlada del ganado vacuno y búfalos, 1ª Ed. Editorial Acribia. España, 1999.
- Griffith MK, Williams GL. Roles of maternal and olfaction in suckling- mediated inhibition of luteinizing hormone secretion expression of maternal sensitivity and lactational performance of beef cows. *Biol Reprod* 1996; 54: 761-768.
- Gutierrez C, Galina CS, Zarco L, Rubio I. Evaluation of ovarian activity in Gyr and Indobrazil crossbred Holstein heifers during the months of March to June in the wet

tropics of México. *Int J Anim Sci* 1995; 10: 17-20.

- Hafez ESE. Reproducción e inseminación artificial en animales. 7ta ed. México DF: McGraw-Hill Interamericana, 2002.
- Hansel W, Beal WE. Ovulation control in beef cattle. *Beltsville Symposium in Agricultural Research III. Animal Reproduction* 1979; 91-110.
- Hardin DR, Warnick AC, Wise TH, Schultz RH, Fields MJ. Artificial insemination of subtropical commercial beef cattle following synchronization with cloprostenol. *Fertility Teriogenology* 1980; 14: 249- 258.
- Hinojosa CJ, Segura CJ. Eficiencia reproductiva de un hato cebú comercial bajo condiciones tropicales. II. Intervalo entre partos. *Vet Méx* 1986; (17): 255-259.
- Hughes J, Smith TW, Kosterlitz HW, Forthergill LS, Morgan BA, Morris HR. Identification of two related pentapeptides from the brain with potent opiate agonist activity. *Nature* 1975; 258:577-579.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México. 2009. <http://www.inegi.org.mx>
- Javier MC. Efecto del Clima Tropical en la Producción Bovina de Leche y Carne. Memoria de la 2da reunión sobre Producción Animal Tropical. Mérida Yucatán, México. Universidad de Mérida Yucatán, 1990; 101-103.
- Kiracofe GH, Wright JM, Newby TJ. Reproductive characteristics of cycle beef heifers treated with the prostaglandin analog luprostirol. *Theriogenology* 1988; 30: 931-936.
- Köppen, W. Climatología. Primera Ed. Fondo de Cultura Económica-México. 1948.
- Kruif A. Factors influencing the fertility of a cattle population. *J Reprod Fert* 1978; 54: 507-518.
- Larocca C, Lago I, Fernández A, Rosés G, Lanza R, Armand UP, Boggio DJC. Alternativas para la sincronización del estro en vaquillonas Holstein Uruguayo (HU). *RC* 2005; 15 (6): 512-516.
- Lozano DRR, Leyva RG, Moreno FLA. Efecto del medio ambiente sobre el comportamiento reproductivo y la fertilidad de vacas de la raza suizo americano en el trópico subhúmedo. *Téc Pec Méx* 1992; 30 (3): 208-222.
- Lucy MC, Savio JD, Badinga L, De La Sota RL, Thatcher WW. Factors that affect

ovarian follicular dynamics in cattle. *J Anim Sci* 1992; 70: 3615-3626.

- Lucy MC, Stevenson JS, Call EP. Controlling first service and calving interval by prostaglandin F2a hormone, and timed insemination. *J Dairy Sci* 1986; 69: 2186-2194.
- Lucy MC, Thatcher WW, Macmillan KL. Ultrasonic identification of follicular populations and returns to estrus in early postpartum dairy cows given intravaginal progesterone for 15 days. *Theriogenology* 1990; 34: 325.
- Macmillan KL, Asher GW. Developments in artificial insemination and controlled breeding in dairy cattle and deer in New Zealand. *Proc NZ Soc Anim Prod* 1990; 50:123.
- Macmillan KL, Petersen AJ. A new intravaginal progesterone releasing device for cattle (CIDR-B) for oestrous synchronisation, increasing pregnancy rates and the treatment of post-partum anoestrus. *Anim Repr Sci* 1993; 33:1-25.
- Macmillan KL, Taufa VK, Day AM. Combination treatments for synchronising oestrus in dairy heifer. *Proc NZ Soc Anim Prod* 1993; 53: 267-270.
- Mali SL, Narawade VS. A note on postpartum oestrus interval in Gyr cattle. *Indian Vet J* 1984; 61:436-437.
- Mann, G. Corpus luteum function and early embryonic death in bovine. *Memorias del XXII Congreso Mundial de Buiatría. Alemania* 2002: 300-306.
- Mata CA, Hernández CJ, y González PE. Efecto del norgestomet inyectado sobre el folículo dominante persistente y la formación del cuerpo lúteo en vacas sincronizadas con implantes de norgestomet. *Vet Mex* 2001; 32:19-25.
- Mateos RA, Rubio GI, Basurto CH. Sincronización de estros en un hato bovino cebú en el trópico húmedo. *Memorias del XIX Congreso Nacional de Buiatría. Torreón Coahuila, México; México (DF): Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos, AC, 1995: 380.*
- Mattoni M, Mukasa-Mugerwa G, Cecchini G and Sovani S. The reproductive performance of East African (*Bos indicus*) zebu cattle in Ethiopia. I. Estrous cycle length, duration, behaviour and ovulation time. *Theriogenology* 1988; 30: 961-971.

- McDougall S, Macmillan KL, Williamson NB. The effect of oestradiol- 17B on the rising and plateau dominant follicle in anoestrous cows. *Theriogenology* 1994; 41: 252.
- Medrano EA, Hernández O, Lamothe C, Galina CS. Evidence of asynchrony in the onset of signs of oestrus in zebu cattle treated with a progesterone ear implant. *Research in Veterinary Science* 1996; 60: 51-54.
- Melo O, Boetto C. Efecto de la nutrición sobre la fertilidad en la vaca de cría. Módulo V del Curso de Pos Grado en Reproducción Bovina (IRAC) 1999; 37-61.
- Menninger-Lerchenthal, E. (1934) Schwangerschaft und Geburt morphinistischer Frauen. *Zentbl. Gynäk.* 58, 1044-1051.
- Menninger-Lerchenthal, E.: Die Morphinkrankheit der Neugeborenen morphinischer Mütter. *Mschr. Kinderheilk.* 60, 182–193 (1934).
- Montiel F. Actividad ovárica post-parto en bovinos de doble propósito en el trópico húmedo mexicano (tesis doctoral). México DF: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 2001.
- Murphy MG, Bolan MP, Roche JF. Pattern of follicular growth and resumption of ovarian activity in post-partum beef suckler cows. *J Reprod Fertil* 1990; 90: 523-533.
- Nogueira GP. Puberty in South American *Bos indicus* (Zebu) cattle. *Anim Repr Sci* 2004; 82-83:361-372
- Odde KG. A review of synchronization of estrus in postpartum cattle. *J Anim Sci* 1990; 68: 817-830.
- Orihuela A, Galina CS, Escobar FJ and Riquelme E. Estrous behavior following prostaglandin F2a injection in Zebu cattle under continuous observation. *Theriogenology* 1983; 19: 795-808.
- Orihuela A, Galina CS. Social order measured in pasture and pen conditions and its relationship to sexual behavior in Brahman (*Bos indicus*) cows. *Applied Animal Behaviour Science* 1997; 52:3-11.
- Orihuela JA. Conducta estral del ganado Cebú (tesis de maestría). México DF: Universidad Nacional Autónoma de México, 1982.
- Patterson DJ, Wood SL, Kojima FN, Smith MF. Current and emerging systems to

synchronize estrus. Memorias del VIII Curso Internacional de Reproducción Bovina, México DF. 2000; 97-110.

- Penny CD, Lowman BG, Scott NA, Scott PR. Repeated oestrus synchrony and fixed time AI in beef cows at pasture. *Vet Rec* 1997; 140: 496-498.
- Pérez QLA, Esperón SAE, López BB, Altamirano AF. Evaluación de un método artesanal para preservar semen bovino. Memorias del XXXII Congreso Nacional de Buiatría; 2008 agosto 14-16; Boca del Río (Veracruz) México. México (DF): Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos, AC, 2008: 591.
- Porras AA, Galina HC y Zarco QL. Inducción y sincronización de estros utilizando progestágenos. Memorias del curso Internacional de Reproducción Bovina. 1990. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. México DF; 126-142.
- Porras AI, Galina CS. Utilización de la prostaglandina F₂ α y sus análogos para la manipulación del ciclo estral bovino. *Vet Mex* 1991; 22: 401-405.
- Pratt BR, Berardinelle JG, Stevens LP, Inskeep EK. Induced corpora lutea in the postpartum beef cow: I. Comparison of gonadotropin relasing hormone and human chorionic gonadotropin and effects of progestogen and estrogen. *J Anim Sci* 1982; 54: 822-829.
- Quezada CA, Ramírez GA, Pérez CF, Avendaño RL, Hallford DN. Comparación de dos protocolos de sincronización del estro en vaquillas de carne con distintas calificaciones de tracto reproductivo. *INCI* 2004; 29 (11): 638-642.
- Randel RD. LH and ovulation in Brahman, Brahman x Hereford and Hereford heifers. *J Anim Sci* 1976; 43: 300-306.
- Revah I, Butler WR. Prolonged dominance of follicles and reduced viability of bovine oocytes. *J Reprod Fert* 1996; 106: 39-47.
- Richards MW, Spitzer JC, Warner MB. Effect of varying levels of postpartum nutrition and body condition at calving on subsequent reproductive performance in beef cattle. *J Anim Sci* 1986; 62: 300-306.
- Roche JF, Ireland JJ. Manipulation of ovulation in cattle. *10th Int Cong Anim Reprod AI*. University of Illinois at Urbana-Champaign (USA), 10-14 Jun; 4:9-17
- Roche JF, Crowe MA, Boland MP. Postpartum anoestrus in dairy and beef cows.

Anim Reprod Sci 1992; 28: 371-378.

- Ruckebusch Y, Philippe PL, Dunlop R. Fisiología de pequeñas y grandes especies. 1a ed. El manual moderno: México DF, 1994.
- Ryan DP, Snijders S, Yaakub H, O'Farrell KJ. An evaluation of estrus synchronization programs in reproductive management of dairy herds. *Anim Sci* 1995; 73: 3687-3695.
- Sa Filho MF, Reis EL, Viel JO, Nichi M, Madureira EH, Baruselli PS. Dinámica folicular de vacas Nelore lactantes en anestro tratadas con progestágeno, eCG y GnRH. *Acta Sc Vet* 2004; 32: 235.
- SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. La producción de carnes en México y sus perspectivas 1990-2000. Centro de Estadística Agropecuaria. 2005. <http://www.sagar.gob.mx> .
- Savio JD, Boland MP, Roche JF. Development of dominant follicles and length of ovarian cycles in post-partum dairy cows. *J Reprod Fert* 1990; 88: 581-591.
- Savio JD, Thatcher WW, Morris GR, Entwistle K, Drost M, Mattiacci MR. Effects of induction of low plasma progesterone concentrations with a progesterone-releasing intravaginal device on follicular turnover and fertility in cattle. *J Reprod. Fertil* 1993; 98: 77-84.
- Scena CG, Callejas SS, Piccinali RLJ. Efecto de un implante con progestágeno en vacas de cría en anestro con destete precoz. *Rev Arg Prod Animal* 1997; 17 (1): 226-227.
- Scena CG, Peralta RU, Callejas SS, Lucchelli A. Efecto de diferentes combinaciones de un implante progestágeno, PMSG y destete temporario sobre la tasa de preñez con I.A. sistemática en vacas Brahman en anestro. *Rev Arg Prod Animal* 1998; 18 (1): 338.
- Segura CVM, Rodríguez ROL. Comportamiento reproductivo de vacas cebú sometidas a amamantamiento nocturno. *Tec Pecu Méx* 2000; 38(1): 67-72.
- Senger PL. The estrus detection problem: new concepts, technologies, and possibilities. *J Dairy Sci* 1994; 77: 2745-2753.
- Short RE, Bellows RA, Staigmiller RB, Berardinelli JG, Custer EE. Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *J Anim Sci*

1990; 68: 799-816.

- SIAP. Sistema Integral de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2004. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>.
- Silva MC, Guzmán CR, Delgado LR, Aké LR. Respuesta de novillas Brahman a la sincronización del estro con progestagenos; conducta sexual y tasa de gestación. *Rev Biomed* 2002; 13: 265-271.
- Sirois J, Fortune JE. Lengthening the bovine estrous cycle with low levels of exogenous progesterone: a model for studying ovarian follicular dominance. *Endocrinology* 1994; 127:916-925.
- Solano R, Caral J, Martínez G y Tarrero R. Distribución, duración y detección del estro en ganado bovino. Momento de la ovulación. *Revista Cubana de Reproducción Animal* 1982; 8: 69-82.
- Soto HC, Bernardo H, González B, Rossi M, Godoy S, Bello A. Evaluación de la actividad ovárica de bovinos explotados en condiciones tropicales. *Zootecnia Tropical* 1999; 17 (1): 3-171.
- Thatcher WW and Collier RJ. Effects of climate on bovine reproduction. In: Morrow D A (Ed). *Current Therapy in Theriogenology*. W B Saunders. Co. Philadelphia, 1986; 301-309.
- Thatcher WW, Macmillan KL, Hansen PJ, Drost M. Concepts for regulation of corpus luteum function by the conceptus and ovarian follicles to improve fertility. *Theriogenology* 1989; 31: 149-164.
- Thatcher WW, Schitt EJP, De La Sota RL, Burke J, Risco C, Staples CR, Drost M. Sincronización del estro en rodeos lecheros: manejo del desarrollo folicular con GnRH, inseminación a tiempo fijo, conceptos de sincronización. II Simposio Internacional de Reproducción Animal; 1996 octubre 31 a noviembre 2; Córdoba, Argentina, 1996: 109-130.
- Toribio RE, Molina JR, Forsberg M, Kindahl H, Edquist LE. Effects of calf removal at parturition on postpartum ovarian activity in zebu (*Bos indicus*) cows in the humid tropics. *Acta Veterinaria Scandinavica* 1995; 36: 343-352.

- Trimberger GW. Breeding efficiency in dairy cattle from artificial insemination at various intervals before and after ovulation. *Nebraska Agric. Exp. Sta. Res. Bull* 1948; 153-1-26.
- Turzillo AM, Fortune JE. Suppression of the secondary FSH surge with bovine follicular fluid is associated with delayed ovarian follicular development in heifers. *J Reprod Ferti* 1990; 89: 643-653.
- Vaca LA, Galina CS, Fernández-Baca S, Escobar FJ, Ramírez B. Oestrous cycles, oestrus and ovulation of the zebu in the Mexican tropics. *Vet Rec* 1985; 117: 434-437.
- Villa NA, Morales CA, Granada JF, Mesa H, Gómez G, Molina JJ. Evaluación de cuatro protocolos de sincronización para inseminación a tiempo fijo en vacas *Bos Indicus* lactantes. *RC* 2007; 17: 501-507.
- Vizcarra AJ, Wetterman RT, Braden TD, Turzillo AM, Nett TM. Effect of gonadotropin-releasing hormone (GnRH) pulse frequency on serum and pituitary concentrations of luteinizing hormone and folliclestimulating hormone, GnRH receptors, and messenger ribonucleic acid for gonadotropin subunits in cows. *Endocrinology* 1997; 138 (2) 594-601.
- Walker WL, Nebel RL, McGilliard ML. Time of ovulation relative to mounting activity in dairy cattle. *J Dairy Sci* 1996; 79: 1555-1561.
- Williams GL, Griffith MK. Maternal behavior and neuroendocrine regulation of suckling-mediated anovulation in cows. *J Physiology and Pharmacology* 1992; 43: 165-177.
- Williams GL, Griffith MK. Sensory and behavioral control of gonadotrophin secretion during suckling-mediated anovulation in cows. *J Reprod Ferti* 1995; 49: 463-475.
- Williams GL. Suckling as a regulator of postpartum rebreeding in cattle: A review. *J Anim Sci* 1990; 68: 831-852.
- Williams SW, Stanko RL, Amstalden M, Williams GL. Comparison of three approaches for synchronization of ovulation for timed artificial insemination in *Bos indicus*-influenced cattle managed on the Texas gulf coast *J Anim Sci* 2002; 80: 1173-1178.

- Wiltbank JN, Sturges JC, Wideman D, Lefever DG, Faulkner LC. Control of oestrus and ovulation using subcutaneous implants and oestrogen in beef cattle. *J Anim Sci* 1971; 33: 600-6.
- Witt AC, Witt GF, Witt FG. Sincronización de celos con SMB (Syncro-Mate-B). *Revista CABIA*, 1997; 10 (32): 10-27.
- Wright LA, Rhind SM, Russel AJF, Whyte TK, McBean AJ, McMillen SR. Effects of body condition, food intake and temporary calf separation on the duration of the post-partum anoestrus period and associated LH, FSH and prolactin concentrations in beef cows. *Anim Prod* 1987; 45: 395-402.
- Wright PJ, Malmo J. Pharmacologic manipulation of fertility. *Veterinary Clinics of North America* 1992; 8 (1): 57-89.
- Xu ZZ, Burton LJ, McDougall S, Jolly PD. Treatment of noncyclic lactating dairy cows with progesterone and estradiol or with progesterone, GnRH, prostaglandin F2 α and estradiol. *J Dairy Sci* 2000; 83: 464-470.
- Yavas, Walton JS. Postpartum acyclicity in suckled beef cows: a review. *Theriogenology* 2000; 54: 25-55.
- Zakari AY, Molokwu ECI, Osori KIK. Effect of season on the oestrous cycle of cows (*Bos indicus*) indigenous to northern Nigeria. *Vet Rec* 1981; 109: 213.
- Zarco QL. Efectos del stress sobre la reproducción del bovino. Memorias del III Curso Internacional de Reproducción Bovina, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. México DF 1990; 11-18.