



UNIVERSIDAD MICHUACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

UTILIZACION DE DOS PROTOCOLOS HORMONALES (CIDR Y CRESTAR) PARA
DE SINCRONIZACION DEL ESTRO EN GANADO BOVINO DE CARNE EN EL
MUNICIPIO DE TUZANTLA, MICHUACAN

SERVICIO PROFESIONAL QUE PRESENTA

PABLO CORTES CALDERON

PARA OBTENER EL TITULO DE
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

ASESOR:

Dr. José Herrera Camacho

MORELIA, MICHUACAN, DICIEMBRE DEL 2006



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

UTILIZACION DE DOS PROTOCOLOS HORMONALES (CIDR Y CRESTAR) PARA
DE SINCRONIZACION DEL ESTRO EN GANADO BOVINO DE CARNE EN EL
MUNICIPIO DE TUZANTLA, MICHOACAN

SERVICIO PROFESIONAL QUE PRESENTA

PABLO CORTES CALDERON

PARA OBTENER EL TITULO DE
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

MORELIA, MICHOACAN, DICIEMBRE DEL 2006

AGRADECIMIENTOS

A MIS PADRES:

MC. Pablo Cortés Martínez.

Profra. Delia Calderón Aguirre.

Por el cariño y apoyo que me han brindado, pero sobre todo por la educación que me han sabido dar como padres durante todo el tiempo desde las primeras etapas de mi vida, gracias a todo el esfuerzo y sufrimientos que han pasado y por que ustedes nunca perdieron la fe en mi he llegado a lograr una de las mas importantes de mis metas debido a la cual les estaré eternamente agradecido.

"GRACIAS PADRES"

A MIS HERMANAS:

Profra. Naivi Cortés Calderón.

Yuritzquiri Cortés Calderón.

Delia Cortés Calderón.

Por todo el apoyo moral y físico que me han brindado, a la mayor por que me ha servido como ejemplo para llegar a se alguien en la vida y así mismo ser ejemplo para las menores.

A MI ASESOR:

Dr. José Herrera Camacho

Por su experiencia y dedicación en este y otros trabajos, pero sobre todo por que además de ser un muy buen profesor es un excelente amigo.

A LOS PROFESORES:

MC. Antonio García Valladares.

MVZ. Ezequiel Chávez Sánchez.

Por su experiencia dedicación y comentarios realizados para concluir este trabajo.

A MI COMPAÑEROS Y AMIGOS:

MVZ. Víctor Hugo González Arellano.

Raúl Sánchez Ayala.

Por que gracias a su amistad, apoyo, colaboración y por su experiencia en el campo de trabajo hicieron posible esta investigación.

A MIS AMIGOS

Víctor Manuel, Marcos, Hugo (Carnal), Héctor (Himen), Sergio (Borrego), Hermilo David, Josué (Pelicano), Antonio, Ángel (Gil), Raúl (Molina), Carlos (Macetas), Francisco (Popochas), Rodolfo (Mirínda), José (Chéster), Deifilia (La Patrona), Rosa Maria y a todos aquellos que me brindaron su amistad, apoyo y los muchos momentos de felicidad y buenas parrandas, disfrutando de su compañía y que gracias a ellos salí delante de todas las depresiones que tuve durante esta etapa de mi vida.

INDICE

1. INTRODUCCION	1
2. FISIOLÓGÍA DE LA REPRODUCCIÓN DEL BOVINO	3
2.1 Hipotálamo	3
2.1.1 Hormona Liberadora de Gonadotropina (GnRH)	4
2.2 Hipófisis	4
2.2.1 Estructura anatómica	5
2.2.2 Estructura Química de las Gonadotropinas	6
2.3 Ovario	7
3. CICLO ESTRAL	8
3.1 Proestro	8
3.2 Estro	8
3.2.1 Detección de celo	9
3.2.2 Patrones diarios en los signos de celo	10
3.2.3 Otros Factores que Influencian la expresión del celo	11
3.2.4 Ausencia de celo	11
3.3 Metaestro	12
3.4 Diestro	12
4. DINAMICA FOLICULAR	14
4.1 Ovogénesis y foliculogénesis en la fase prenatal	14
4.2 Foliculogénesis	15
4.2.1 Las ondas foliculares	15
5. SINCRONIZACION DEL CICLO ESTRAL	20
5.1 Protocolos de sincronización del ciclo estral	21
5.1.1 Aplicación de prostaglandinas	21
5.1.2 Progesterona o progestágenos sintéticos asociados con estrógenos y PMSG.	24
5.1.3 CIDR (Controlled Internal Drug Release)	27
5.1.4 Norgestomet (Crestar)	29
5.1.5 PRID	31
6. METODOLOGIA	33
6.1 Localización del área de estudio	33
6.2 Animales y tratamiento	33

6.3 Detección de celo	34
7. RESULTADOS	35
8. DISCUSION	37
9. CONCLUSION	39
10. BIBLIOGRAFIA	40

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Diferentes protocolos de sincronización de celo utilizando prostaglandina F _{2α} .	23
Cuadro 2. Programas de uso de prostaglandinas	24
Cuadro 3. Comparativo de diferentes estudios de protocolos de sincronización del estro con prostaglandinas.	24
Cuadro 4. Esquema de aplicación del programa CIDR	29
Cuadro 5. Comparativo de diferentes estudios de protocolos de sincronización del estro con progestágenos (CIDR) y sus combinaciones con otras hormonas.	29
Cuadro 6. Esquema de aplicación del programa Crestar	30
Cuadro 7. Comparativo de diferentes estudios de protocolos de sincronización del estro con progestágenos (CRESTAR) y sus combinaciones con otras hormonas.	31

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura química de la GnRH	4
Figura 2. Anatomía de la hipófisis	6
Figura 3. Momento de inseminación o de servicio natural para vacas en celo	10
Figura 4. Distribución en la presentación de celo en ganado bovino	11
Figura 5. Fases y etapas del ciclo estral en los bovinos	13
Figura 6. Representación esquemática del desarrollo de las ondas de crecimiento folicular.	19
Figura 7. CIDR y Aplicador	28
Figura 8. Dispensador Crestar	31
Figura 9. Dispositivo interno de liberación de progesterona (PRID)	32
Figura 10. Tasa de presentación de celo en ambos tratamientos, implante subcutáneo (Crestar) y dispositivo intravaginal	35
Figura 11. Tiempo de presentación de celo después de la hora cero y porcentaje de hembras que respondieron a los tratamientos de sincronización.	36

1. INTRODUCCION

La ganadería de Doble Propósito (DP) se define como un sistema tradicional de los trópicos, en el cual se producen conjuntamente carne y leche (Rivas y Holmann, 2003) sobre la base de ganado criollo cruzado con Cebú y razas lecheras europeas (Gómez *et al.*, 2002). En general, la productividad de este tipo de ganado es baja (Torres, 1991; Gómez *et al.*, 2002), ya que las vaquillas llegan a la pubertad a los 18 meses, al primer parto a los 28 meses y el intervalo entre partos es de alrededor de 18 meses (Ortega, 2005).

La cruce de ganado cebuino con europeo da como resultado una raza bovina (F1) que se caracteriza por su adaptabilidad al trópico, su piel gruesa y pigmentada, su resistencia a la garrapata, su pelo corto y escaso, su agilidad para desplazarse grandes distancias en praderas y potreros, así como su capacidad para mantenerse en condiciones de clima adversas (De Alba y Kennedy, 1994).

Los sistemas de producción extensivos en climas tropicales se caracterizan por su baja eficiencia en la reproducción y el municipio de Tuzántla de la zona tierra caliente de Michoacán no es la excepción. Al respecto, diferentes estudios han descrito una ineficiencia en la producción de estos sistemas, donde algunos de los indicadores encontrados expresan que los animales presentan un crecimiento estacional muy marcado, una mortalidad de la crianza que va del 9 al 25 %, y que menos del 5 % de los productores cuentan con algún tipo de registros (Ortega, 2005).

Considerando que la actividad ganadera es la de mayor importancia económica en la región, mejorar los indicadores ya mencionados es de suma importancia; ya que también esta zona de Michoacán es una de las principales productoras de becerros para el abasto de carne. Por este motivo se pretende estudiar dos métodos de sincronización, para así, poder brindar opciones de manejo a los productores, y se pueda mejorar la eficiencia en el ámbito productivo y reproductivo de la ganadería bovina del Municipio de Tuzántla.

El objetivo de este trabajo de investigación es evaluar la eficiencia de dos protocolos de sincronización del estro en ganado bovino del Municipio de Tuzántla, Michoacán, Región Tierra Caliente, así mismo proporcionar a los productores un método de manejo reproductivo eficiente basado en este estudio.

2. FISIOLÓGÍA DE LA REPRODUCCIÓN EN EL GANADO BOVINO

La fisiología de la reproducción es considerada como el conocimiento que trata de los diferentes mecanismos a través de los cuales se logra la preservación de todas las especies. Fisiológicamente la reproducción en los animales domésticos, esta regulada por una serie de estructuras anatómicas, que incluyen al sistema nervioso central, específicamente al hipotálamo, la hipófisis y los ovarios en caso de las hembras y los testículos en los machos (Manrique, 1990).

2.1 Hipotálamo

Es una parte del diencefalo y se encuentra en la parte ventral al tálamo y forma el piso del tercer ventrículo (Swenson y Reece, 1999), se extiende desde la región del quiasma óptico hasta la región del borde caudal de los cuerpos mamilares, anteriormente al hipotálamo se encuentra una área que se extiende hacia delante desde el quiasma óptico hasta la lamina terminal y la comisura anterior; caudalmente, el hipotálamo se fusiona con el segmento del mesencéfalo, por arriba del hipotálamo se ubica el tálamo y por de bajo y lateralmente la región subtalámica (Snell, 1999).

Histológicamente, el hipotálamo está compuesto de núcleos, células dispersas y axones, los cuales conectan una célula con la otra. Pero el elemento principal del hipotálamo, desde el punto de vista reproductivo, son las células neurosecretoras, las cuales se encuentran dispersas en núcleos. Estas parecen células endocrinas, debido a la presencia de gránulos secretores compuestos por hormonas verdaderas, las cuales emigran a los axones para ser vertidas a las terminaciones nerviosas (Manrique, 1990).

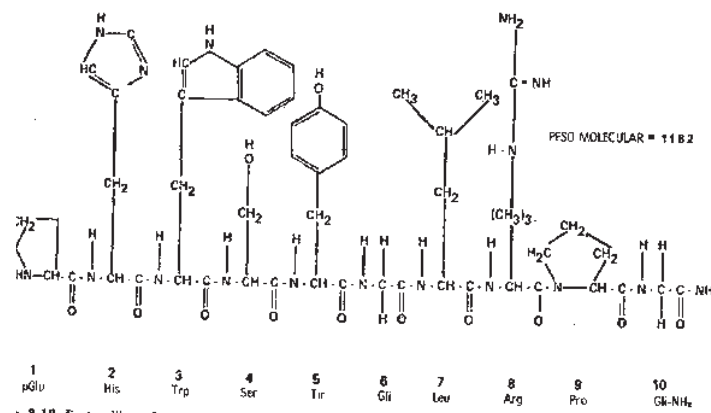
Los núcleos supraóptico y paraventricular del hipotálamo, segregan una serie de sustancias similares a hormonas, cada una de ellas recibe el nombre de la hormona que liberan en la adenohipófisis, para el caso de las gonadotropinas se le conoce como factores liberadores de gonadotropinas, las cuales estimulan la

hipófisis para que, a su vez, libere las hormonas gonadotróficas tales como: hormona luteinizante y hormona folículo estimulante (Hafez, 2002).

2.1.1 Hormona Liberadora de Gonadotropinas (GnRH)

La GnRH, es un decapeptido de aminoácidos con un peso molecular de 1183 Daltons, sintetizado y almacenado en el hipotálamo basal medio. La GnRH proporciona un enlace humoral entre los sistemas neural y endocrino. En respuesta a las señales neurales, se liberan pulsos de GnRH hacia el sistema portal hipofisiario para la liberación de hormona luteinizante (LH) y hormona folículo estimulante (FSH) de la hipófisis anterior (Hafez, 2002).

Figura 1. Estructura química de la GnRH.



(McDonal, 1983).

2.2 Hipófisis

La hipófisis está situada sobre la base del cráneo, en una pequeña cavidad del esfenoides, la silla turca. La silla turca está formada por un fondo y dos vertientes: una anterior y otra posterior. Por los lados y por arriba, la hipófisis está en contacto con la duramadre y la médula espinal. De esta manera, la hipófisis está separada de todas las formaciones que la rodean, excepto del hipotálamo, es decir, la parte del sistema nervioso que se encuentra por arriba de ella y con el que se encuentra en comunicación directa mediante un pedúnculo, llamado tallo

hipofisíario, A los lados de la hipófisis se encuentran los dos senos cavernosos, derecho e izquierdo y pequeños lagos de sangre venosa, aislados de la duramadre.

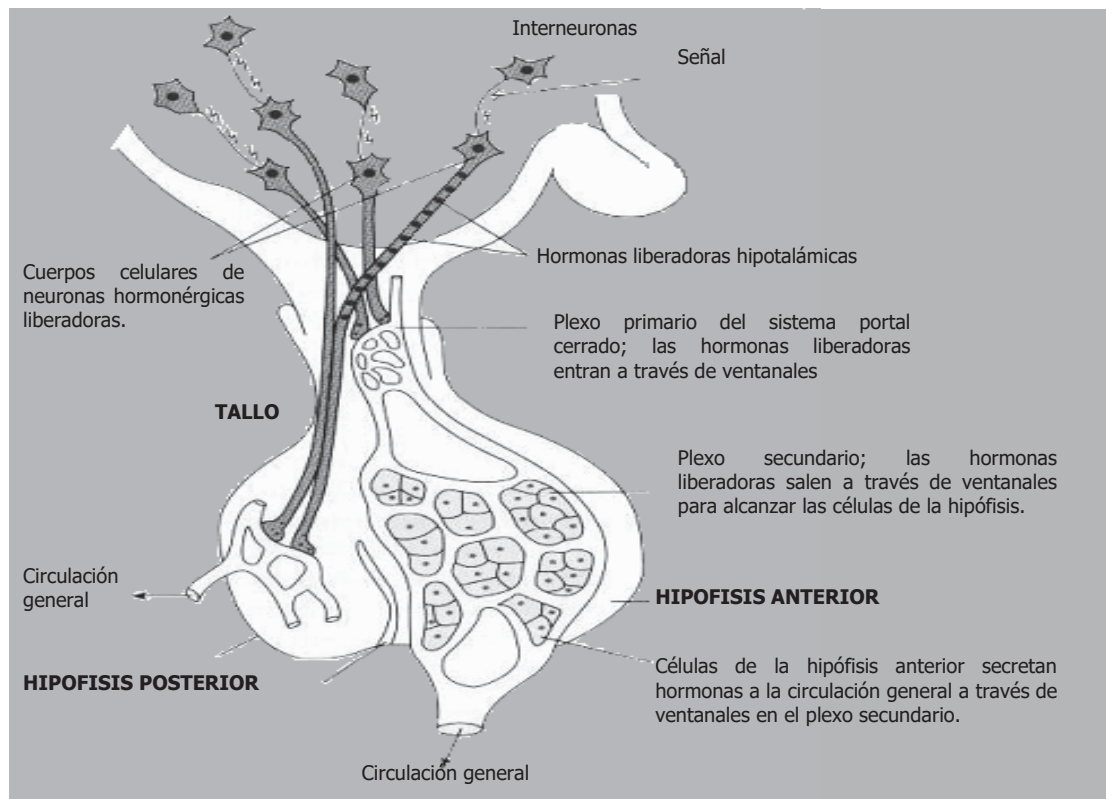
2.2.1 Estructura anatómica

La hipófisis está formada por dos partes, completamente distintas una de otra: el lóbulo anterior y el lóbulo posterior. Entre ambos hay otro pequeño lóbulo, el medio. El lóbulo posterior es más pequeño que el anterior y se continúa hacia arriba para formar el infundíbulo.

El infundíbulo está constituido por las prolongaciones de las células nerviosas que forman algunos de los núcleos hipotalámicos. El propio lóbulo posterior igualmente es tejido nervioso, por lo que también se le denomina neurohipófisis. El lóbulo anterior, de origen epitelial, tiene una estructura típicamente glandular: se le llama adenohipófisis (hipófisis glandular), y continúa hacia arriba por su parte infundibular, constituyendo el tallo hipofisíario. El tallo hipofisíario se une a la parte anterior del *tuber cinereum*, que es una porción prominente de la sustancia gris situada por delante de los cuerpos mamilares y por detrás de la comisura óptica (Stevens, 1997).

El comportamiento cíclico normal de la reproducción se debe, en gran parte, a la acción de la Hormona Luteinizante y Hormona Folículo Estimulante (Hafez, 2002), hormonas liberadas de la parte anterior de la hipófisis ante el estímulo de GnRH (Manrique, 1990). La FSH inicia el crecimiento y desarrollo del folículo en los ovarios y de esta manera el óvulo o huevo se encuentra disponible para la fertilización (Manrique; 1990). La función de la LH es reiniciar la meiosis en el folículo preovulatorio, desencadenar la ovulación y controlar el desarrollo y mantenimiento del cuerpo lúteo (CL). Ejerce su acción uniéndose a receptores de membrana en las células de la granulosa y de la teca interna del folículo preovulatorio. La concentración de LH es baja durante la mitad de la fase lútea, aumenta pocos días antes del estro y alcanza su mayor concentración en plasma generalmente un día después de producida la ovulación (Gigli *et al.*, 2006).

Figura 2. Anatomía de la hipófisis.



(McDonal, 1983)

2.2.2 Estructura química de las gonadotropinas

Las gonadotropinas FSH y LH, son hormonas glucoproteicas estructuradas como dos cadenas proteicas, las sub-unidades alfa y beta, que son codificadas por genes distintos, localizados en diferentes cromosomas. La cadena de 92 aminoácidos de la subunidad alfa es idéntica en las dos hormonas, mientras que las cadenas beta son distintas, por lo que determinan su función específica. La subunidad beta de FSH tiene 111 aminoácidos y la de LH 121.

Las dos subunidades están unidas por enlaces no covalentes, y mantienen la estructura terciaria de un “rulo” de la sub-unidad beta que envuelve a la alfa a través de seis puentes disulfuro. Estos son esenciales para mantener la configuración de cada subunidad y les permite formar un heterodímero estable.

Las subunidades individualmente no tienen actividad biológica conocida (Jackson y Liu, 1982).

Existen oligosacáridos unidos a ambas cadenas (glicosilación), que tienen funciones en el armado de las hormonas durante la síntesis, en su clearance (vida media sérica) del suero y en la determinación de la vida media de las hormonas en la circulación. Por ejemplo, la LH tiene 3 sitios de glicosilación (2 en posición 49 y 75 de la sub-unidad alfa y 1 en posición 30 de la beta) y la FSH tiene 4 sitios de glicosilación (2 en posición 52 y 78 de alfa y 2 en posición 7 y 24 de beta) por lo cual el clearance de FSH es mucho más bajo que el de LH. El peso molecular de LH es 28,000 y de FSH es 33,000 Daltons (Jackson y Liu, 1982).

2.3 Ovario

Es el órgano esencial de la reproducción en la hembra y tiene dos funciones principales, una **endocrina**, a través de la cual se elaboran y secretan las hormonas y una **citogénica**, por su producción de óvulos a través de los folículos.

En todos los animales, los ovarios son pares, y su tamaño depende de la edad, especie y estadio reproductivo del animal, el desarrollo de sus componentes histológicos está bajo el control de las hormonas de la hipófisis. Los ovarios son ovoides, pero su forma varía de acuerdo con estructuras diferentes durante el ciclo estral como los folículos y el cuerpo lúteo o cuerpo amarillo.

La superficie del ovario está cubierta por la túnica albugínea que es una formación densa de tejido conjuntivo, y el interior está formado de una parte cortical y una zona medular. Mientras que el folículo es una estructura muy importante porque al romperse libera al óvulo y da lugar a la formación del cuerpo lúteo, el cual es una estructura transitoria y es de importancia dado que mantiene la preñez mediante la secreción de progesterona (Manrique, 1990).

3. CICLO ESTRAL

El cambio endocrino ocurrido durante el ciclo estral compromete la interacción entre las hormonas relacionadas con el hipotálamo y pituitaria anterior, ovario y útero. Cada ciclo puede estar claramente dividido en una fase lútea y una folicular, cada una de ellas tiene un desarrollo que procede al principal período funcional. La fase lútea comprende el metaestro y el diestro, mientras que la fase folicular comienza con el proestro, incluye el estro y la ovulación. Ha sido definido como el período que comprende desde el comienzo del celo hasta el próximo celo, generalmente, se divide en cuatro etapas o estadios:

3.1 Proestro

En el proestro hay un aumento del nivel de las hormonas estrogénicas, aunque psíquicamente solo se observa una ligera intranquilidad y disminución del apetito; en los órganos genitales externos aparece el inicio de la actividad folicular. La vulva sufre una ligera tumefacción y las mucosas una congestión sanguínea, al formarse moco, la superficie de la mucosa vestibular se humedece de modo que la mucosa adquiere un ligero brillo (Arthur *et al.*, 1989).

3.2 Estro

La fase más típica del ciclo estral es el periodo de celo o estro, el cual es respectivamente muy breve, (6 a 36 h) este periodo de libido aumentado con un breve lapso de receptividad, es la consecuencia de la irritación del sistema nervioso central por los estrógenos que se forman en los folículos ováricos en el transcurso de su maduración y sobre todo en los folículos de Graaf maduros (Holy, 1983).

En este estadio, el cervix se encuentra abierto, el miometrio posee bastante tono o turgencia y hay en general una gran vascularización del tracto genital. Cuando los niveles de estrógenos en circulación aumentan, bloquean la liberación hipotalámica de GnRH por medio de una retroalimentación positiva, disminuyendo

así, la secreción hipofisiaria de FSH. Durante el estro el folículo alcanza su mayor tamaño y su máxima secreción de estrógenos, principalmente de 17- β estradiol (Sumano y Ocampo, 1997).

3.2.1 Detección y signos de celo

La detección de celo es un componente crítico de un buen manejo reproductivo de cualquier hato, ya que una buena detección de este factor mejora los parámetros reproductivos de cualquier explotación bovina.

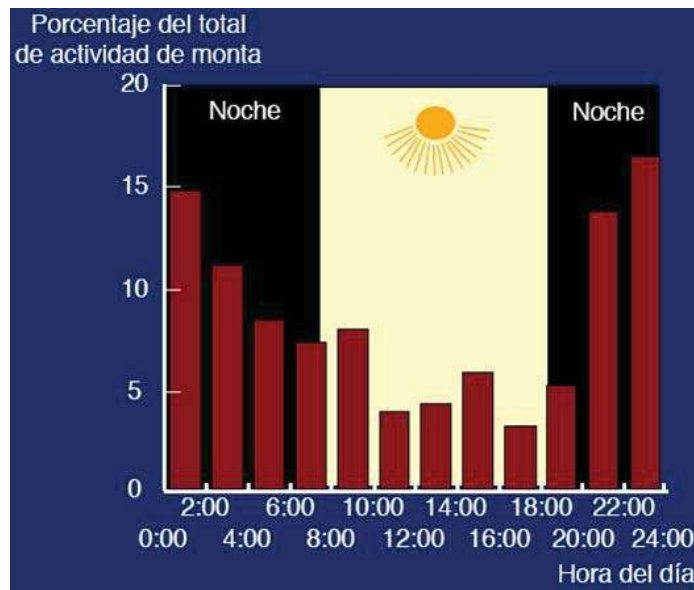
La detección de celo requiere de una aguda observación, la mayoría de las vacas poseen un patrón de comportamiento que cambia gradualmente desde el comienzo al final del celo. El mejor indicador de que una vaca está en celo es cuando se mantiene quieta y se deja montar por sus compañeras o por un toro. Una serie de signos que puede ayudar a identificar vacas que necesitan ser observadas de cerca se resume:

- ✚ Permanece inmóvil cuando es montada.
- ✚ Muestra signos asociados con el celo temprano y el tardío.
- ✚ Balidos como los de un toro.
- ✚ Signos generales de nerviosismo.
- ✚ Corridas hacia adelante como si estuviese atacando. La posición de cabeza a cabeza con otra vaca se ve frecuentemente.
- ✚ Golpes o empujones contra los costados de otras vacas.
- ✚ Olfateo de la vulva o la orina de otros animales acompañado algunas veces con inversión de los orificios nasales.
- ✚ Vacas que se colocan en un círculo, aquella en celo intenta descansar su barbilla en la espalda de la otra. Esto puede conducir o no a la actividad de monta.
- ✚ Vulva rosada e inflamada descargando un moco claro son visibles (Wattiaux, 2005).

Otros signos secundarios pueden ser:

- ✚ Disminución del apetito y producción de leche.

Figura 4. Distribución en la presentación de celo en ganado bovino.



(Wattiaux, 2005).

3.2.3 Otros factores que influyen la expresión del celo

La expresión y detección de celo pueden ser más o menos fáciles dependiendo de un número de factores. Por ejemplo, el tipo de alojamiento de las vacas (establo, establo libre, pastura, camino para caminar a lo largo del alambrado, etc.) provee de varios grados de facilidad para la vaca para expresar signos de celo y para los productores para detectar vacas en celo.

En contraste, factores tales como altas temperaturas y humedad, viento, lluvia, nieve, confinamiento, y condiciones que pueden causar las vacas a patinar o caer, o dolores en las pezuñas tienden a inhibir la expresión de celo.

3.2.4 Ausencia de celo

El celo puede no ser detectado en las vacas por las siguientes razones:

- ✚ La vaca está preñada.

- ✚ La vaca ha parido y el ciclo estral no se ha reestablecido (celo mudo).
- ✚ La vaca está en anestro por una mala nutrición, severa infección del tracto reproductivo, u otras complicaciones luego del parto.
- ✚ La vaca posee un ovario quístico.
- ✚ El productor falla en detectar una vaca que ha entrado en celo (Wattiaux, 2005).

3.3 Metaestro

Durante el periodo post-estral se pierden rápidamente todos los signos del estro y desaparecen también los cambios visibles en los órganos genitales externos típicos de la fase folicular.

Durante el metaestro ocurre la ovulación y se desarrolla el cuerpo lúteo pasando por el estadio intermedio como cuerpo hemorrágico; el cual es un estado de transición entre el folículo recién ovulado y el cuerpo lúteo. En esta etapa las concentraciones de progesterona son mayores de 1 ng/ml, momento a partir del cual se considera que termina el metaestro y comienza el diestro. La duración del metaestro es de 4 a 5 días (Holy, 1983).

Uno de los síntomas más frecuentes e importantes en la fase del metaestro, en el ganado vacuno, es un flujo sanguinolento de los órganos genitales. La sangre en el flujo post-estral, es de origen uterino, y penetra a la cavidad uterina por diapédesis (paso de elementos formes de la sangre (por ejemplo, leucocitos) a través de fenestraciones (ventanas) en los capilares para dirigirse al foco de infección sin que se produzca lesión estructural.) de los capilares sanguíneos del endometrio, rotos durante la ultima fase del estro y en el momento de cambio de los dos periodos hormonales entre la fase folicular y la lútea (Hafez, 1996).

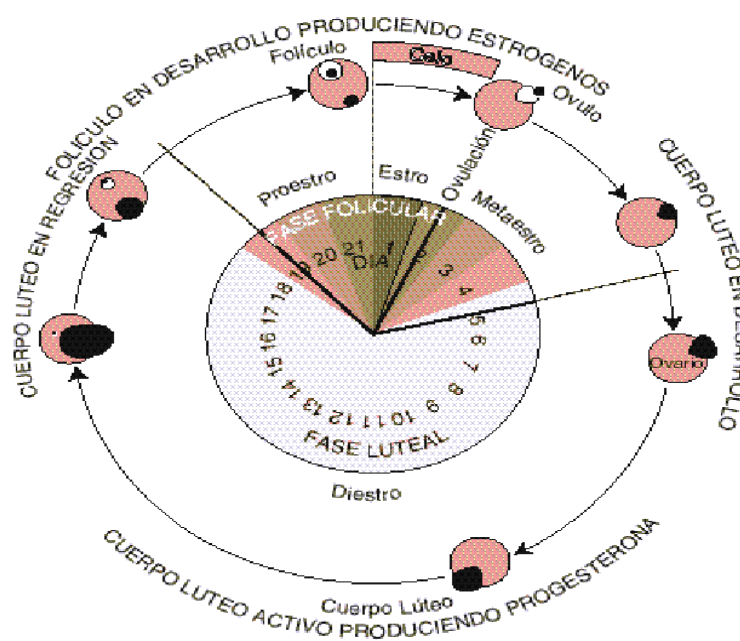
3.4 Diestro

El estadio o fase de diestro es el más largo del ciclo estral, no se encuentra ningún signo llamativo, en el animal ni en los órganos genitales externos, este periodo se caracteriza por el descanso sexual desapareciendo el flujo de los

órganos genitales y renovándose el sistema de pliegues de la vulva, típico del silencio sexual.

Durante el periodo de diestro se encuentra en función el cuerpo amarillo. Si se ha realizado la concepción, la etapa del diestro sigue condicionando la implantación y la gestación, rápidamente cambia la actividad ovárica, desapareciendo la función lútea y comienza a prevalecer la fase folicular con el inicio del proestro (Hafez, 1996).

Figura 5. Fases y etapas del ciclo estral en los bovinos.



(González, 2002).

4. DINAMICA FOLICULAR

Es de fundamental importancia una comprensión del funcionamiento de la dinámica folicular y sus mecanismos de autorregulación a efecto de comprender las bases de las nuevas alternativas de control del ciclo estral en la hembra bovina.

4.1 Ovogénesis y foliculogénesis en la fase prenatal

En casi todas las especies de mamíferos no hay división mitótica de la célula germinal femenina después del nacimiento, de manera que, el número de ovocitos presentes al nacimiento representa el total disponible durante la vida del animal.

En el feto bovino, la ovogonia se desarrolla de las células primordiales germinales que han migrado hasta el ovario durante la embriogénesis temprana y prolifera alrededor del día 50 hasta el día 130 de la gestación. Un proceso de degeneración ovogonial comienza alrededor del día 95 de la vida fetal y la mayoría de los ovocitos producidos durante este período (60% o más) son eliminados del ovario antes del parto (Fernández, 2003).

Un segundo evento de desarrollo se inicia a los 80 días de la vida fetal cuando la ovogonia inicia la meiosis. Este proceso se detiene en todos los ovocitos en el estadio diploteno de la profase meiótica. Acompañando estos cambios nucleares están la formación del folículo primordial, la diferenciación de una capa de células aplanadas que lo envuelven conocida como células de la granulosa, el establecimiento de una lámina basal rodeando la granulosa y la diferenciación de una capa de células de teca exteriores a la lámina basal.

La población de folículos primordiales puede considerarse como una cuenta en la cual la foliculogénesis es un retiro, comenzando al inicio de la vida fetal y continuándose en la pubertad y en los períodos reproductivos de la vida del animal (Fernández, 2003).

4.2 Foliculogénesis

Los folículos primordiales inician su crecimiento y diferenciación en un proceso aparentemente continuo pero irreversible que es conocido como foliculogénesis (Fernández, 2003). Aproximadamente dos o tres de todos los folículos crecen, uno de ellos se selecciona y continua creciendo hasta convertirse en folículo dominante, mientras que el resto de los folículos, llamados subordinados, se vuelven atrésicos y regresan (Bo, 2002). El intervalo requerido para la activación de un folículo primordial durmiente hasta su ovulación ha sido estimado en 180 días

Cuando la capa de células de la granulosa se transforma de aplanadas a cuboídales y la teca interna comienza su diferenciación, al folículo en desarrollo se le denomina folículo primario. Su crecimiento al siguiente estadio, que es el de folículo secundario, se completa por la proliferación de las células de la granulosa. Los folículos en estos dos estadios se describen colectivamente como preantrales (Fernández, 2003).

La formación de la cavidad del folículo que forma el antro líquido es el siguiente estadio en su desarrollo. Los folículos antrales existen en el ovario bovino con diámetros comprendidos en el rango de 0.1 a 20 mm. Generalmente se acepta que la formación del antro es un evento influenciado por las gonadotropinas y que la FSH es la principal hormona responsable

La ultrasonografía proporcionó la evidencia definitiva de que esta última fase del desarrollo folicular se produce en forma de ondas a lo largo de todo el ciclo estral (Fernández, 2003).

4.2.1 Las ondas foliculares

Una onda de desarrollo folicular se puede definir como el crecimiento armónico y simultáneo de varios folículos antrales pequeños, en promedio 24 por onda con un rango de 8 a 41, funcionando a través de estadios integrados de reclutamiento, selección y dominancia folicular.

Crecimiento del folículo dominante: Es un proceso por el que, bajo la responsabilidad de la FSH, un conjunto de folículos antrales tempranos (2-3 mm de diámetro) empiezan a crecer en un medio con suficiente soporte gonadotrófico que les permita progresar a la ovulación (Fernández, 2003). La razón por la cual el folículo dominante puede crecer con bajos niveles de FSH mientras que los subordinados se atresian, puede estar relacionada con la síntesis de receptores para LH en las células de la granulosa del folículo dominante. Todos los folículos poseen receptores de LH en las células de la teca y de FSH en las células de la granulosa pero solo el folículo dominante adquiere receptores de LH en las células de la granulosa. Los receptores de LH aumentan a partir del día cuatro de la onda, cuando el folículo dominante tiene más de 8 mm de diámetro. La LH se unirá a los receptores de la células de la granulosa estimulando una mayor producción de estradiol que le permitirá al folículo seguir creciendo aunque disminuyan los niveles de FSH circulante. Por esta razón se dice que el folículo dominante mayor de 8 mm de es LH dependiente (Bo, 2002).

Reclutamiento: Es un evento dependiente de gonadotropinas durante el cual un grupo de folículos adquiere la habilidad para responder principalmente a la hormona folículo estimulante y depende de ella para un crecimiento continuo (Díaz, 1999).

Selección: Es un proceso por el cual un único folículo evade la atresia y adquiere competencia para alcanzar la ovulación (Fernández, 2003). En el bovino, selección se define como el momento en el cual un folículo estrógeno-activo promueve su propio crecimiento e inhibe el crecimiento de otros folículos (Díaz, 1999).

Dominancia: Es el mecanismo que un folículo ovulatorio utiliza para escapar al proceso de atresia e inhibir el reclutamiento de un nuevo grupo de folículos. La expresión de receptores para LH en células de la granulosa está asociada con dominancia (Díaz, 1999), y se produce por medio de algún factor que tiene un efecto de retroalimentación negativa sobre la secreción de gonadotropinas. Entre los candidatos se encuentra la inhibina, que es producida primariamente por las células de la granulosa y reduce directamente la secreción

hipofisaria de FSH (Fernández, 2003). Un segundo candidato, la folistatina, es una proteína que tiene alta afinidad de unión por la activina, que eleva la secreción de FSH. Por su unión a la activina, la folistatina reduce la secreción de FSH. El desarrollo del folículo dominante hasta las dimensiones preovulatorias depende estrictamente de las gonadotropinas (Fernández, 2003).

Estudios recientes indican que los IGF y especialmente el IGF-1 potencializan el desarrollo del folículo, pero no se han establecido diferencias claras en las concentraciones de IGF-1 entre los folículos dominantes o subordinados. Sin embargo, existe regulación múltiple de la actividad de IGF-1 mediante proteínas ligadoras de IGF (IGFBP) que fijan y secuestran a la misma y se ha demostrado que existe mayor concentración de IGFBP en los folículos subordinados que en el dominante. Este hallazgo es consistente con la hipótesis que plantea que los folículos dominantes pueden emplear de manera más efectiva los niveles existentes de FSH debido al aumento de disponibilidad de los IGF y que la atresia de los folículos subordinados es producto de una reducción inducida por las IGFBP sobre los IGF (Fernández, 2003).

Mediante ultrasonografía se puede observar que a los dos días de detectarse una onda, existe un folículo (folículo dominante) que crece más rápidamente que los demás (folículos subordinados). A los 6-7 días del comienzo de la onda el folículo dominante ha alcanzado prácticamente su máximo tamaño (15-17 mm) y los folículos subordinados han sufrido un proceso de atresia.

En este momento, el folículo dominante puede ovular o de lo contrario entra en una fase estacionaria, que dura aproximadamente otros 6 días y en la que mantiene su tamaño y capacidad ovulatoria. Si entonces no se ha producido la ovulación de este folículo, comienza un proceso de atresia y otros 9 días más tarde su tamaño ya ha descendido por debajo de los 4 mm (Fernández, 2003).

En un ciclo sexual fisiológico, el factor fundamental que determina el destino del folículo dominante (ovulación o atresia) es el nivel de progesterona cuando este folículo finaliza su fase de crecimiento. De esta manera, cuando los niveles de progesterona son elevados (fase lútea del ciclo) se produce la

regresión del folículo dominante, mientras que en la fase folicular del ciclo, sin el "freno" de la progesterona, el destino del folículo dominante es la ovulación (Fernández, 2003).

La duración del ciclo estral esta relacionada de manera directa con la cantidad de ondas de desarrollo folicular que tienen lugar. El cuerpo lúteo (CL) comienza su regresión más temprano en los ciclos de dos ondas (día 16) que en los de tres ondas (día 19). Consecuentemente, la duración del ciclo de dos ondas es de 18 a 20 días, y el de tres ondas de 21 a 23 días (Bo, 2002). En vaquillonas y durante el posparto precoz de vacas multíparas parecen más frecuentes los ciclos ováricos con 2 ondas, mientras que vacas adultas presentan habitualmente ciclos de 3 ondas. También se han detectado ciclos con 4 ondas foliculares y en estos casos la duración del ciclo ha sido de 24 días, ocurriendo la luteólisis en torno al día 20-21 del ciclo. Así, el principal factor que condiciona la duración del ciclo y por lo tanto la existencia de 2 o 3 ondas por ciclo, parece ser la vida del cuerpo lúteo (Fernández, 2003).

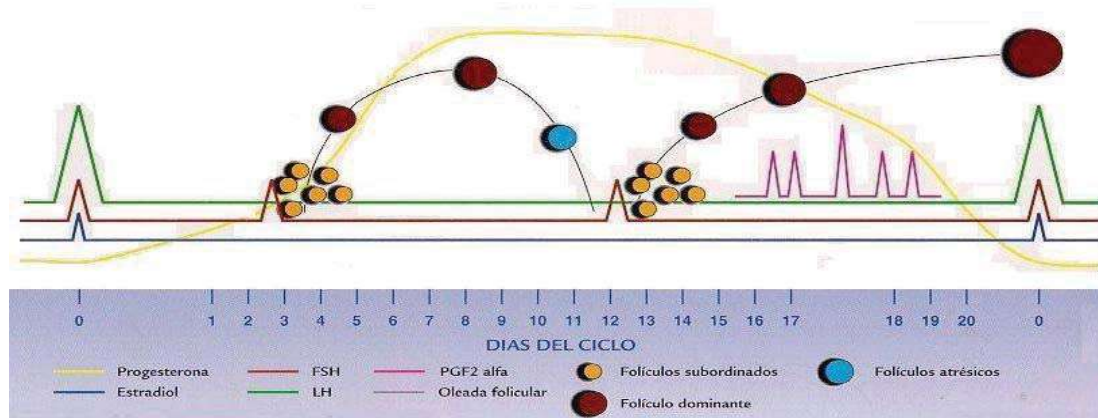
Las ondas de desarrollo folicular, en un ciclo estral con dos ondas, se pueden detectar el día de la ovulación (día 0) y el día 10 post-ovulación. Este último folículo es el que ovulará, ya que la regresión del cuerpo lúteo ocurre entre el día 16 ó 17 del ciclo, mientras que el folículo que comenzó su desarrollo el día 0 normalmente experimentará un proceso de atresia (Fernández, 2003). En ciclos con 3 ondas éstas pueden ser detectadas los días 0, 9 y 16 post ovulación, siendo las dos primeras anovulatorias debido a que la fase luteal se mantiene en estos casos hasta el día 19 del ciclo.

Curiosamente, esta dinámica folicular se mantiene al menos durante los 2-3 primeros meses de gestación, habiéndose observado en vacas gestantes la presencia de ondas periódicas que surgen cada 9-10 días. Lógicamente, estos folículos nunca llegan a ovular debido al efecto inhibitor de la progesterona producida por el cuerpo lúteo de gestación (Fernández, 2003).

Hasta el momento, se desconoce el papel biológico y la significación de los ciclos de 2 y 3 ondas. Se ha sugerido que la producción de estrógenos por parte

del folículo dominante de la primera onda del ciclo regularía de alguna manera el transporte del huevo hasta el útero (Fernández, 2003).

Figura 6. Representación esquemática del desarrollo de las ondas de crecimiento folicular.



(Fernández, 2003).

5. SINCRONIZACION DEL CICLO ESTRAL

La sincronización del estro no es un método para aumentar la fertilidad o la producción de crías sino que se usa como un instrumento de gran utilidad para implementar programas de inseminación artificial y/o facilitar el manejo de los animales y agruparlos para brindarles servicio. El método se puede usar también para programas de servicio con monta natural, con las ventajas de un mejor aprovechamiento de los toros y una concepción más temprana de las hembras (Silva *et al.*, 2002).

En los últimos años, se han obtenido grandes avances en el conocimiento de la fisiología reproductiva del ganado bovino, y en especial en el entendimiento del control hormonal de algunos eventos fisiológicos, como el que regula la presentación del estro y de la ovulación, así, el uso de hormonas específicas en circunstancias particulares contribuye a mejorar algunos aspectos de la reproducción (Silva *et al.*, 2002).

Actualmente con base en el conocimiento de las hormonas que controlan la actividad sexual en las hembras de los animales domésticos, se han venido utilizando diferentes sustancias ya sea naturales o sintéticas, solas o combinadas, sin embargo, el control del ciclo estral en las hembras de los mamíferos, puede realizarse partiendo de dos principios fundamentales; acortar la duración de la etapa del diestro, provocando la lisis del cuerpo lúteo, mediante la administración de sustancias luteolíticas como las prostaglandinas, o bien, mediante la extensión en la duración de la fase lútea, simulando mediante dispositivos especiales, la presencia de un cuerpo lúteo, que mantienen una retroalimentación negativa sobre el eje hipotálamo-hipófisis, inhibiendo la liberación de GnRH y de LH, respectivamente, impidiendo la ovulación, de forma que al retirar la fuente exógena de progesterona las hembras entraran en celo casi de manera simultánea.

5.1 PROTOCOLOS DE SINCRONIZACION

5.1.1 Aplicación de prostaglandinas

Una de las sustancias más utilizadas para lograr la sincronización del ciclo estral es la prostaglandina. Esta hormona fue aislada por primera vez del semen humano, atribuyéndose a la próstata su elaboración, de donde deriva su nombre. Actualmente se sabe que existen diferentes tipos, distintos en su composición química y funciones, según el órgano donde se producen.

En reproducción de los mamíferos, la hormona más importante es la $PGF_{2\alpha}$ secretada por el útero, ya que provoca la lisis del CL presente normalmente en el ovario luego de la ovulación. Este hecho marca el fin de un ciclo estral, y la reiniciación del siguiente. Los análogos sintéticos de la $PGF_{2\alpha}$ como el cloprostenol se utilizan para lograr el mismo efecto, pero administrado en forma parenteral (Robson *et al.*, 2002).

Las prostaglandinas son sustancias orgánicas extremadamente potentes que aparecen naturalmente en una gran variedad de tejidos y situaciones biológicas. Desde el punto de vista químico, derivan del ácido prostanoico, que es un ácido graso de 20 átomos de carbono con un núcleo ciclopentano. Ligeras alteraciones de la estructura de la molécula pueden producir efectos biológicos totalmente diferentes. Desde el punto de vista estructural y funcional, las prostaglandinas se dividen en cuatro grandes grupos, denominados A, B, E y F.

La importancia del útero en la regresión cíclica del cuerpo lúteo está actualmente bien establecida y es admitida la liberación por el útero de una sustancia luteolítica.

El cuerpo lúteo es el factor de regulación del ciclo estral, determinando su duración. La prostaglandina segregada por el útero, solo producirá su efecto ante la presencia de un cuerpo lúteo funcional, y por esta razón, en un ciclo normal de 21 días, existen períodos durante los cuales la aplicación de un agente luteolítico no produce ningún efecto.

1) **Cuerpo lúteo en desarrollo:** Dura 4-5 días. **No sensible.** Animales tratados con un agente luteolítico en este período no manifestarán ninguna respuesta, pero 10 a 12 días después se encontrarán en el período sensible.

2) **Cuerpo lúteo funcional:** Dura aproximadamente 12 días. **Sensible.** Animales tratados durante este período responderán positivamente. En ellos se producirá una ovulación y 10 a 12 días más tarde se encontrarán nuevamente en el periodo sensible (Bavera *et al.*, 2005).

3) **Cuerpo lúteo en regresión:** Dura 4 a 5 días. Es la fase de desarrollo folicular. **No sensible.** Un tratamiento en este período no tendrá efecto, ya que el cuerpo lúteo está regresando naturalmente y el desarrollo folicular está en sus comienzos. También estos animales se encontrarán en el periodo sensible 10 a 12 días más tarde.

De esto se desprende que una aplicación de prostaglandina permitirá homogenizar el período del ciclo en que se encuentran los animales, ya que 10 a 12 días más tarde todos se encontrarán en el período de cuerpo lúteo sensible. Una segunda aplicación en ese momento, provocará la luteólisis y la ovulación en la totalidad de los animales (Bavera *et al.*, 2005).

Con base a esta situación, los protocolos de aplicación práctica de la prostaglandina en bovinos son básicamente las siguientes, a las cuales se les pueden efectuar algunas variantes que pueden aplicar a diferencias de manejo como la monta natural e inseminación artificial:

Cuadro 1. Diferentes protocolos de sincronización de celo utilizando prostaglandina F_{2α}.

Protocolo	Descripción
UNO	<i>Día 0:</i> Primera aplicación. <i>Día 11:</i> Segunda aplicación. <i>Días 14:</i> Inseminación Artificial sistemática sin detección de celo (a ciegas). <i>Días 18 a 25:</i> Se podrá efectuar detección de celo y servicio.
DOS	<i>Día 0:</i> Primera aplicación. <i>Días 0 a 11:</i> Detección de celo y servicio <i>Día 11:</i> Segunda aplicación a las no servidas. <i>Días 14:</i> Inseminación Artificial sistemática sin detección de celo (a ciegas) de las hembras a las que se les efectuó la segunda aplicación de prostaglandinas. <i>Días 18 a 25:</i> Se podrá efectuar la detección de celo y servicio.
TRES	<i>Día 0:</i> Primera aplicación. <i>Días 0 a 11:</i> Detección de celo y servicio. <i>Día 11:</i> Segunda aplicación a las no servidas. <i>Día 12 en adelante:</i> Detección de celo y servicio.
CUATRO	<i>Día 0 a 11:</i> Detección de celo y servicio. <i>Día 11:</i> Aplicación única a las no servidas. <i>Día 11 en adelante:</i> Detección de celo y servicio.
CINCO	<i>Día 0 a 11:</i> Detección de celo y servicio. <i>Día 11:</i> Aplicación única a las no servidas. <i>Días 14:</i> I. A. sistemática sin detección de celo (a ciegas) a las hembras que se les efectuó la aplicación de prostaglandinas. <i>Días 18 a 25 en adelante:</i> Detección de celo y servicio

(Bavera *et al.*, 2005).

La detección de celo dos días después de la Inseminación Artificial sistemática permitirá inseminar animales no perfectamente sincronizados.

Si se realizan dos inseminaciones sistemáticas a ciegas (inseminación doble) 72 y 96 h después de la segunda aplicación de prostaglandinas (días 14 y 15), existe un pequeño aumento en el índice de fecundación comparado con la inseminación única o simple.

Con la aplicación de estos sistemas no aumenta la fertilidad. Su utilidad es concentrar los celos. Los índices de concepción serán los normales en una primera inseminación. La época de empadre se puede reducir hasta en unos 15

días, según el sistema aplicado, ya que una gran parte de las hembras quedarán preñadas en el primer día de inseminación (Bavera *et al.*, 2005).

Cuadro 2. Programas de uso de prostaglandinas.

PROGRAMAS DE USO DE PROSTAGLANDINAS			
I	II	III	IV [ANESTRO]
DIAS	DIAS	DIAS	DIAS
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	6	6	6
7	7	7	7
8	8	8	8
9	9	9	9
10	10	10	10
11	11	11	11
12	12	12	12
13	13	13	13
14	14	14	14
15	15	15	15
16	16	16	16
17	17	17	17

(Bavera *et al.*, 2005).

Cuadro 3. Comparativo de diferentes estudios de protocolos de sincronización del estro con prostaglandinas.

AUTOR	TRATAMIENTO	TIEMPO	RESULTADO
Gonzalez <i>et al.</i> , 2001	PGF _{2α}	Aplicación única	60%
Lucy <i>et al.</i> , 2001	25 Mg de PGF _{2α}	Aplicación día 0 y 6	64 %
Cruz <i>et al.</i> , 1997	25 mg de PGF _{2α}	Aplicación a hembras con CL palpable	66 % Vacas 86 % Novillas
Cruz <i>et al.</i> , 1997	500 mg de cloprostenol	Aplicación a hembras con CL palpable	61% Vacas 80% Novillas

5.1.2 Progesterona o progestágenos sintéticos asociados con estrógenos y PMSG.

Este método de inducción y sincronización de celos se desarrolló a principios de los años setenta, mucho antes de tener un conocimiento exacto de la dinámica folicular. Su mecanismo de acción y sobre todo porque permite

inseminar a tiempo fijo y porque actúa también sobre vacas en anestro, no sería posible entenderlo si no nos referimos a sus múltiples mecanismos de acción sobre el eje hipotálamo - hipófisis - ovario. Este método se basa en la aplicación de dispositivos liberadores de progestágenos o progesterona los cuales se mantienen durante un período de 9-10 días y al retirarlos los animales presentan celo entre las 36 y 48 hs siguientes (Fernández, 2003).

El progestágeno o progesterona tiene como misión producir un bloqueo del hipotálamo, de manera que impedirá, independientemente de la existencia de un cuerpo lúteo, que se produzcan ovulaciones mientras que los animales conserven el dispositivo. Además provoca una repleción de gonadotropinas hipofisarias que se liberan bruscamente al retirarlo, de este modo, se mimetiza la acción de un cuerpo lúteo durante 9-10 días, tiempo muy similar a la duración del cuerpo lúteo del ciclo.

Algunos tratamientos con progestágenos para inducir el celo de los bovinos se utilizan en combinación con estrógenos como es el benzoato de estradiol (valerato de estradiol, 17 β estradiol) se aplica el primer o segundo día del tratamiento y tiene como misión producir la regresión de un posible cuerpo lúteo en formación (los estrógenos son potentes agentes antiluteotróficos en los primeros días del ciclo) y al mismo tiempo, provoca la atresia del folículo dominante de la onda de desarrollo folicular en curso (independientemente que éste se encuentre en fase de crecimiento, dominancia o meseta) e induce una nueva onda folicular entre 4 y 5 días más tarde (Fernández, 2003).

Este es el principal motivo que explica la sincronización tan perfecta que se obtiene mediante estos tratamientos, ya que se consigue manipular las ondas de desarrollo folicular de manera que en todos los animales tratados se inicia una nueva onda prácticamente el mismo día. Así, al retirar la fuente de progesterona el día 9-10 del tratamiento, el folículo dominante de la onda que se inició a los 5 días de iniciado el mismo se encuentra siempre en una fase óptima de desarrollo folicular (día 4-5 de la fase de crecimiento) y la ovulación se producirá de un modo casi simultáneo en todos los animales alrededor de las 60 horas de retirar el

dispositivo permitiendo entonces realizar inseminación a tiempo fijo sin control de celos.

Es importante resaltar que estos hechos se producen con independencia del día del ciclo estral en que se inicie el tratamiento, ya que el estrógeno siempre induce la atresia del folículo dominante y retrasa 5 días la aparición de la siguiente onda. Por otra parte, el progestágeno superpone su acción a la de la progesterona del cuerpo lúteo impidiendo ovulaciones durante los días del tratamiento, independientemente de la presencia de un cuerpo lúteo (Fernández, 2003).

En general, el cuerpo lúteo del ciclo no afecta en absoluto al momento de la ovulación, ya que en condiciones normales se ha producido su lisis por la prostaglandina endógena días antes de retirar el implante. No obstante, puede suceder que cuando se comienza el tratamiento en vacas que están entre los días 7 y 9 del ciclo, el estrógeno no es capaz de provocar la regresión total del cuerpo lúteo y éste puede persistir hasta el día 11-12 del tratamiento, retrasando la salida a celo 24-48 h de algunos de los animales que se han inyectado entre los días 7-9 del ciclo. Para solventar este inconveniente se propuso inicialmente alargar el tratamiento hasta los 11-12 días, para tener la completa seguridad de la regresión del cuerpo lúteo del ciclo en todos los animales.

El inconveniente de este proceder, es que aunque el grado de sincronización de los celos sigue siendo bueno, la fertilidad disminuye debido a que el folículo destinado a ovular se encontrará en fase de meseta tardía o atresia inicial. Al no ser ésta una solución adecuada, el tratamiento recomendado consiste en aplicar una dosis de PGF₂; 2 días antes de retirar el implante. De esta forma aseguramos, que al día de retirar la fuente de progestágeno o progesterona no existe un cuerpo lúteo que retrase la salida a celo de los animales tratados los días 7-9 del ciclo (Fernández, 2003).

Cuando esta metodología se utiliza en animales en anestro se obtienen resultados variables. En algunos casos, las vacas ovulan pero sin celo o presentan celo y no ovulan, en otros casos no se logra inducir ovulación y en el

resto se produce un celo completamente normal. Esta variabilidad de resultados en vacas en anestro se justifica por la profundidad variable del propio anestro. Para compensar esta variabilidad se utiliza PMSG (acción FSH) o una dosis muy baja de estrógenos al momento de retirar la fuente de progestágeno o progesterona.

En resumen, esta metodología puede ser aplicada a todo tipo de animales (cíclicos y en anestro, en fase folicular o luteínica) permitiendo inseminar los animales a tiempo prefijado con total independencia de la detección de celos (Fernández, 2003).

5.1.3 CIDR (Controlled Internal Drug Release)

El CIDR es un dispositivo intravaginal que contiene progesterona natural, esta progesterona se libera por difusión desde una cápsula de silicón sobre una espina de nylon, la cual está adaptada para retener el dispositivo dentro de la vagina. La progesterona del dispositivo de CIDR, se absorbe a través de la mucosa vaginal, dando como resultando niveles en plasma suficientes para suprimir la liberación de LH y FSH de la adenohipófisis, previniendo el estro y la ovulación. Al remover el CIDR la LH aumenta, lo que resulta en estro y ovulación del folículo dominante. Como ventajas del producto, es de fácil aplicación una vez sujetado el animal, económico, no requiere tiempo de retiro en carne ni en leche, incrementa la tasa de gestación a nivel del hato (Pfizer, 2005).

En los bovinos es utilizado para iniciar el ciclo reproductivo de las hembras, facilitar la detección de celo e inseminación artificial, planear épocas de empadre, en programas de transferencia de embriones y mejorando el porcentaje de embriones vivos en las receptoras, tratamiento de animales anéstricos, estros silenciosos y quistes ováricos (Pfizer, 2005).

Sincronización del estro y la ovulación

La inyección de benzoato de estradiol en el periodo pre-estral, siguiendo con el retiro del dispositivo CIDR, incrementa la presencia del estro, sincronizando a este último y logrando una ovulación más efectiva (Pfizer, 2005).

Figura 7. CIDR y aplicador.



(Pfizer, 2005).

Modo de aplicación del CIDR:

El aplicador del CIDR se debe sumergir en una solución antiséptica a base de amonios cuaternarios o yodo povidona, se coloca el dispositivo en el aplicador y se lubrica el extremo que se va a introducir en la vagina, antes de introducir el aplicador se tienen que higienizar los labios vulgares con una toalla desechable y limpia, ya estando higienizada la porción vulvar se introduce el aplicador hasta la porción anterior de la vagina y se libera el dispositivo conjuntamente al retiro del aplicador, para retirar el dispositivo, se debe jalar suave pero firmemente el cordón que sobresale de la vulva hasta extraerlo totalmente.

Cuadro No 4. Esquema de aplicación del programa CIDR.

Día 0	Día 9	Día 10	0-96 Horas
Colocar el CIDR	Aplicar 7.5 mg de PGF _{2α} vía IM	Retirar el CIDR jalando firmemente el cordón	Detectar estros y servicio cada 4 h

(Pfizer, 2005).

Cuadro 5. Comparativo de diferentes estudios de protocolos de sincronización del estro con progestágenos (CIDR) y sus combinaciones con otras hormonas.

AUTOR	TRATAMIENTO	TIEMPO	RESULTADO
Rubianes, 2000	Progestágeno natural	9 DIAS	85.7 %
Lucy <i>et al.</i> , 2001	CIDR + PGF _{2α}	9 días (CIDR) y PGF _{2α} día 8	67 -87 %
Chenault <i>et al.</i> , 2003	CIDR + PGF _{2α}	CIDR 7 días Y PGF _{2α} al día 4	97.3 %
Stevenson <i>et al.</i> , 2003	CIDR + GnRH	CIDR 9 días + GnRH al día 7	78.9 %

5.1.4 Norgestomet (Crestar)

La administración de progestágenos sintéticos combinados con el valerato de estradiol es uno de los procedimientos, que ha dado resultados satisfactorios para la sincronización del estro y la inducción del ciclo estral (Silva *et al.*, 2002). El Norgestomet, es un progestágeno sintético que se comercializa con el nombre de CRESTAR, es un implante de silicón impregnado de la hormona que se ha utilizado para la inducción y sincronización del celo en vacas y novillas aptas para la reproducción (Intervet Colombia Ltda, 2000).

El Norgestomet está compuesto de: 17 α - acetoxo-11 β -methyl-19-norpreg-4 en-20-dione; Es un sólido cristalino de apariencia blanca cremosa, soluble en aceite de maíz y etanol (1% solución) y estable a la luz, químicamente

relacionado a la progesterona. Es Norprogesterona, tiene 17 grupos α -acetato en cadena con actividad mejorada y un grupo 11β -metil que lo hacen único. Biológicamente el compuesto muestra todas las actividades atribuidas a la hormona natural progesterona (Sumano y Ocampo, 1997).

El valerato de estradiol es la sal sintética de la hormona estradiol. A pesar de que es un agente luteolítico efectivo, no obstruye efectivamente la formación de un cuerpo lúteo; sin embargo, interactúa bien con el norgestomet para inhibir la formación o inducir la regresión del cuerpo lúteo recién formado (Sumano y Ocampo, 1997).

Cada dosis de este producto cuenta con un implante impregnado con 3 mg de Norgestomet y un frasco que contiene 2 ml de solución, en la cual se concentran 3 mg de Norgestomet y 5 mg de Valerato de Estradiol, este producto debe de ser utilizado solo en animales aptos para la reproducción.

El método utilizado para la aplicación de Crestar es, colocar con un implante con ayuda de un aplicador metálico en la parte externa del pabellón auricular, que contiene norgestomet, y administrar simultáneamente 2 ml de la solución inyectable (3 mg de norgestomet y 2 mg de valerato estradiol), por vía intramuscular, el implante se retira entre 9 y 10 días después de la aplicación, siendo posible efectuar la inseminación artificial a tiempo fijo (novillas 48 horas o vacas 56 horas después de retirar el implante) o después de 8 a 12 h de la presentación del celo bien o permitir la monta natural en el momento en que la hembra presente celo franco (Intervet Colombia Ltda, 2000).

Cuadro 6: Esquema de aplicación del programa Crestar.

Día 0	Día 9	Día 10	0-96 Horas
Colocar el implante + 2 ml de solución vía IM	Aplicar 7.5 mg de $PGF_{2\alpha}$ vía IM	Retirar el implante, de ser posible por la misma herida de inserción	Detectar estros y servicio cada 4 h

(Intervet , 1998).

Es recomendable conservar el producto en la oscuridad y entre 15 a 25° C, debido a que la luz solar puede ocasionar cambios en la hormona impregnada y por lo tanto disminuir la eficiencia.

Figura 8. Dispensador Crestar.



(Intervet, 1998).

Cuadro 7. Comparativo de diferentes estudios de protocolos de sincronización del estro con progestágenos (CRESTAR) y sus combinaciones con otras hormonas.

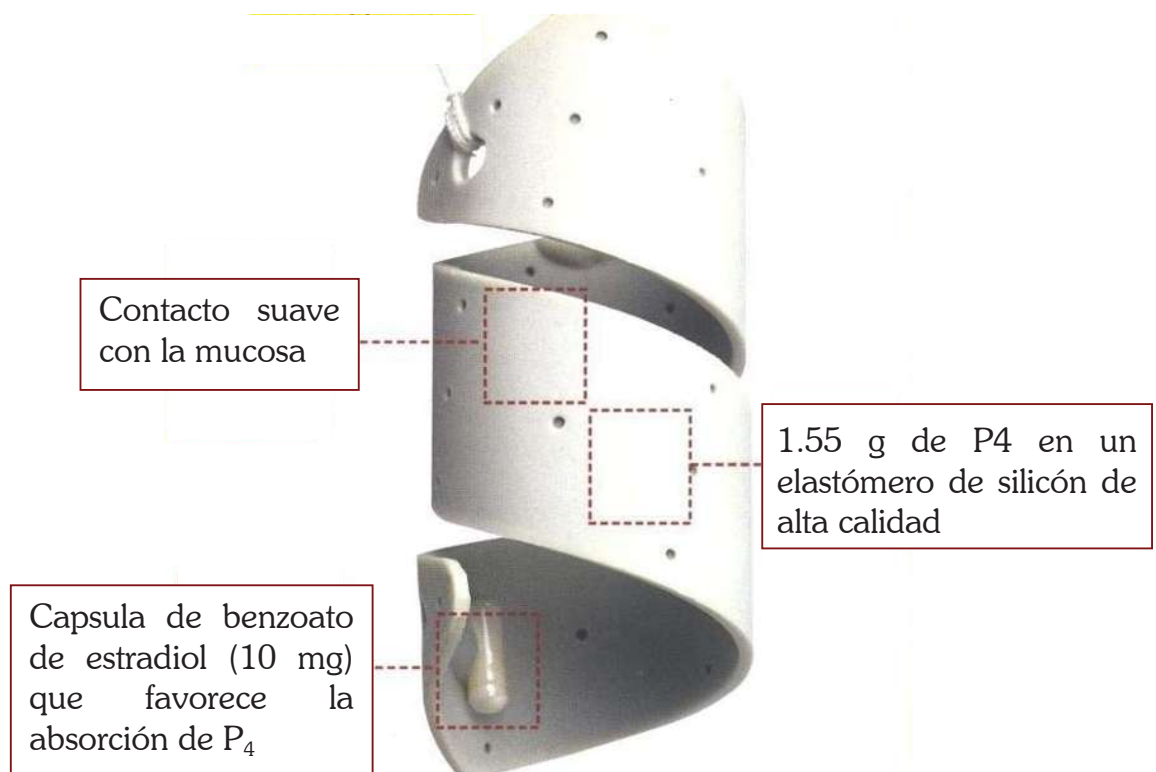
AUTOR	TRATAMIENTO	TIEMPO	RESULTADO
Larocca <i>et al.</i> , 2005	Norgestomet + valerato de estradiol + Delprostenate	9 Dias NG 3 Mg, VE 5 Mg y el Día 7: 400 µg de Delprostenate	100 %
Larocca <i>et al.</i> , 2005	Norgestmet + benzoato de estradiol + Delprostenate + Gonadotropina Coriónica equina	9 Dias NG 3 Mg, VE 5 Mg, el Día 7: 400 µg de Delprostenate y 500 UI de eCG día 9	100 %
Ortega, 2005	Norgestmet + benzoato de estradiol + Gonadotropina Coriónica equine	9 Dias NG 3 Mg, VE 5 Mg, y 300 UI de eCG día 9	96.9 %
Martinez <i>et al.</i> , 2002	Acetato de melengestrol + benzoato de estradiol	MGA 6 días + 2 Mg BE	91.7 %

5.1.5 PRID

El PRID es un dispositivo comercial intravaginal, consistente en una espiral de acero inoxidable recubierta con un elastómero de silicona, que sirve de soporte

a 1,55 g de progesterona, la cual es uniformemente distribuida en toda su superficie y liberada lentamente a una tasa predeterminada. El dispositivo tiene adherido en su cara interna, una cápsula de gelatina con 10 mg. de benzoato de estradiol de rápida liberación. Un cordel fijo a la placa metálica permite su retiro al finalizar el tratamiento

Figura 9. Dispositivo interno de liberación de progesterona (PRID).



(Pfizer, 2005).

6. METODOLOGIA

6.1 Localización del área de estudio

Este trabajo de investigación se llevó a cabo en el municipio de Tuzantla en la Región de Tierra Caliente de Michoacán perteneciente al Distrito de Desarrollo Rural 093. Este municipio se encuentra a una altura entre 300 y 650 m.s.n.m. respectivamente. Se localiza al Este del estado, en las coordenadas 19⁰12'00" de latitud norte y 100⁰34'00" de longitud oeste. Su clima es tropical con lluvias en verano. La precipitación pluvial anual es de 1184.5 milímetros cúbicos y temperaturas que oscilan de 19.9 a 36.7⁰ C (Gobierno del Estado de Michoacán, 2000).

En esta región el principal sistema de producción que existe es extensivo ya que la mayor parte del ganado es alimentado en condiciones de agostadero la mayor parte del año, y principalmente los meses de marzo, abril, mayo, y junio se suplementa con algún alimento adicional como: concentrado, ensilado de maíz o sorgo o bien sorgo o maíz molido, esto debido a las condiciones de sequía en la región. En cuanto a el agua, algunos potreros cuentan con aguajes naturales y en otros es necesario abastecer de agua los bebederos para los animales.

Los animales no cuentan con una genética especializada tanto para la producción de leche como para la de carne. Predominan las cruces entre cebú y suizo, donde los ganaderos optan por los sementales de las razas *Bos taurus* (Salas y Canela, 2004).

6.2 Animales y tratamientos

Se trataron 32 hembras encastadas *Bos indicus* con edad promedio de 48 meses, un peso promedio de 444.37± 73.14 Kg., estos animales fueron sometidos a un diagnóstico de palpación rectal para determinar su estado fisiológico reproductivo, se encontraron vacías con estructuras ováricas funcionales

(folículos en sus diferentes etapas, cuerpo lúteo), una condición corporal promedio de 3.4 ± 0.40 (escala 1-5), y fueron distribuidas en dos grupos.

Grupo 1) Fueron tratadas con un CIDR (controlador interno liberador de drogas) impregnado con 1.9 gr. de progesterona natural (Pfizer, 2005).

Grupo 2) Fueron tratadas con un implante de Norgestomet (Crestar; Intervet, 1998), colocado subcutáneamente en la mitad de la superficie exterior del pabellón auricular izquierdo, y una inyección intramuscular de Norgestomet (3 mg) más valerato de estradiol (5 mg).

Tanto el dispositivo intravaginal como el implante (en el pabellón auricular), fueron retirados al noveno día después de la aplicación, 24 h previo al retiro se aplicó intramuscularmente 7.5 mg de prostaglandina (Lutalyse, Pfizer) para ambos grupos de estudio, el día en que se retiró el tratamiento fue considerado como día y hora cero.

6.3 Detección de celos

La detección de celo se realizó a partir del retiro del progestágeno (hora 0), cada cuatro horas con observaciones de 30 minutos, por un tiempo de 96 h. Para ello se utilizaron 2 sementales con la finalidad de facilitar al observador la detección y tiempo exacto en que los animales se encontraban en celo franco, se registro el tiempo transcurrido entre la hora cero y la manifestación de celo así como la intensidad del celo, el cual fue considerado respecto a los signos mas notables como: vulva irritada, secreción de moco cervical, inquietud y receptividad.

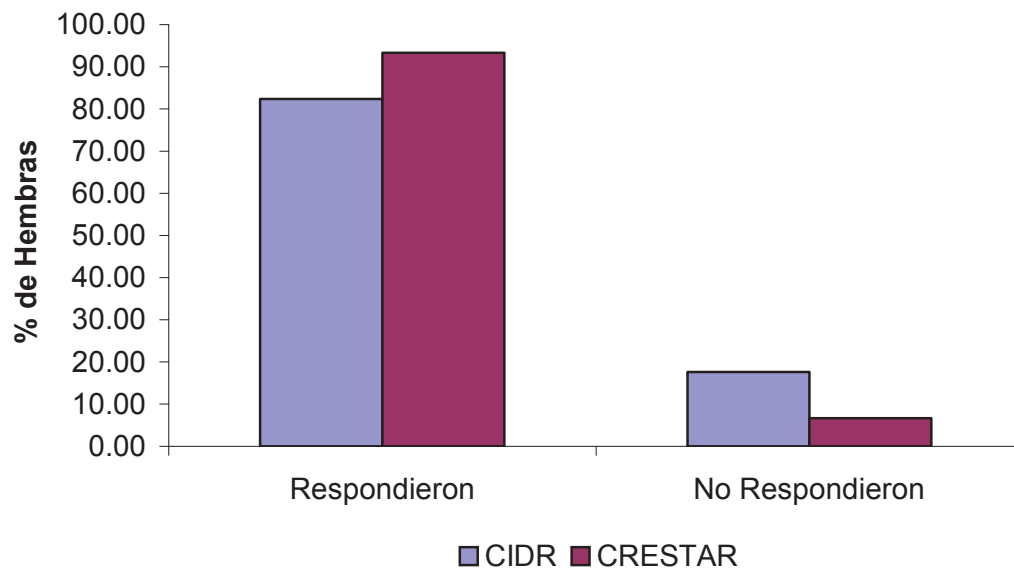
En este trabajo de investigación se tomaron en cuenta variables de respuesta tales como: Tasa de presentación de celo (**TPC**), la cual fue considerada como el porcentaje total de presentación de celo en ambos grupos de estudio. Intensidad de celo (**IC**), tiempo transcurrido desde el inicio hasta el termino del celo y Tiempo de presentación de celo después de la hora cero

(TPCDHC), se tomo el tiempo desde el retiro del Progestágeno hasta la manifestación franca de celo (receptividad al macho).

7. RESULTADOS

De acuerdo con los resultados obtenidos de ambos tratamientos (Figura 10), se observó una mayor **TPC** en hembras tratadas con Crestar (93.3%) con respecto a las tratadas con Cidr (82.3%), lo que representó alrededor de 11% de diferencia entre los dos tratamientos, es decir, un mayor porcentaje de hembras tratadas con CIDR respecto a las tratadas con Crestar, no manifestaron celo 17.65 vs 6.67% respectivamente.

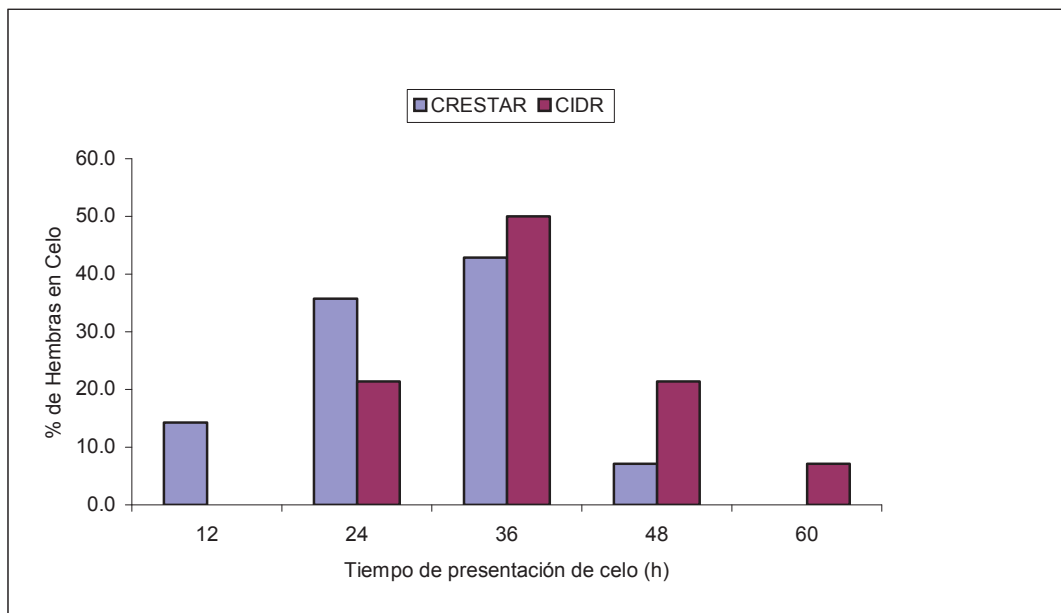
Figura 10. Tasa de presentación de celo en ambos tratamientos, implante subcutáneo (Crestar) y dispositivo intravaginal (CIDR).



La **IC** fue similar ($P=0.07$) entre ambos tratamientos, observando que el grupo de hembras tratado con Crestar, la duración del celo fue de 25.42 ± 0.98 h, en comparación con el grupo tratado con CIDR, donde la duración fue de 22.48 ± 0.98 h.

En cuanto al **TPCDHC**, fue estadísticamente diferente ($P=0.0071$) entre ambos grupos de tratamiento, observando que las hembras sincronizadas con Crestar, manifestaron celo en un tiempo promedio después de la hora cero de 25.1 ± 2.62 h (con un rango de 12 a 48 h), en comparación con las tratadas con el CIDR, donde la **TPCDHC** promedio fue de 36.0 ± 2.62 h y un rango de 24 a 60h (Alrededor de 11 h después de las tratadas con Crestar) (Figura 11). Después de las 60 h no se observó ninguna hembra en celo.

Figura 11. Tiempo de presentación de celo después de la hora cero y porcentaje de hembras que respondieron a los tratamientos de sincronización.



8. DISCUSION

En el presente estudio la administración de Norgestomet más valerato de estradiol en un grupo de animales más la aplicación de $\text{PGF}_{2\alpha}$ 24 horas antes de retirar el implante en vacas y novillas, logró la inducción más temprana y un mayor porcentaje de hembras en celo y una mayor intensidad de celo, en comparación con la administración intravaginal de progesterona donde hubo una inducción más tardía y la intensidad de celo un poco menor en comparación con el otro tratamiento, aunque existen pocos trabajos que soporten los hallazgos observados en el presente, fisiológicamente se está tratando con la aplicación de la $\text{PGF}_{2\alpha}$ tanto en vacas como en novillas la disminución de los niveles de progesterona entre las primaras 12 a 24 h después de la aplicación reduciendo el tamaño del cuerpo amarillo en un lapso de 2 a 3 días (Holy, 1983). Se ha confirmado que durante el ciclo estral normal, la duración de la fase lútea depende esencialmente del momento en que la frecuencia de la liberación de $\text{PGF}_{2\alpha}$ llegue a un pulso rítmico de 5-6 horas, y en consecuencia disminuye la producción de progesterona y da comienzo a un nuevo ciclo estral con desarrollo folicular y la ovulación (Sumano y Ocampo, 1997; Bo, 2002).

En otro trabajo se encontraron respuestas diferentes al utilizar Norgestomet más valerato de estradiol y eCG al momento de retirar el implante (Ortega, 2005). Donde se observó un tiempo de presentación de celo después de la hora cero, entre las 0 y las 72 h, obteniendo mejores resultados en el presente trabajo en el cual se registró **TPCDHC** entre las 12 y 48 h, pero no así en relación a la tasa de presentación de celo donde se registró un 96.9 y 93.3 respectivamente lo cual quiere decir que se obtuvo una mejor respuesta sobre **TPCDHC** con la aplicación de la $\text{PGF}_{2\alpha}$ pero una menor **TPC** no significativa en comparación del otro donde se administro eCG.

En cuanto al % de respuesta Lucy *et. al.*, (2001) reportó un porcentaje entre 67 y 87% comparado con este trabajo en el cual se obtuvo un 82.3% por debajo del promedio más alto, pero muy superior del promedio más bajo

reportado, cabe mencionar que el tratamiento que ella reporta es similar, pero en diferentes dosis (Progesterona 1.38 g mas 25 mg de $\text{PGF}_{2\alpha}$ un día antes de retirar el CIDR). El % de respuesta más alto que se obtuvo fue a las 72 h, no comparadas con el que se obtuvo en el presente trabajo que fue mucho mejor, donde el mayor porcentaje se observó a las 36 h.

Cruz *et. al.*, (1997) reporta un porcentaje de hembras en celo entre 61 y 80% utilizando solo $\text{PGF}_{2\alpha}$ y sus análogos, se hace la comparación con este trabajo el cual nos indica que al utilizar un progestágeno en combinación con $\text{PGF}_{2\alpha}$ se obtiene una mejor respuesta que usando esta última sola.

9. CONCLUSION

El tratamiento con progesterona sintética (Crestar) fue el más eficaz para la sincronización del estro del ganado bovino en la región tierra caliente de Michoacán, debido a que la tesa de presentación de celo, intensidad de celo fue mejor en este tratamiento, y el tiempo de presentación de celo después de la hora cero fue más corto que con el CIDR, esto comparado con el grupo de animales tratados con progesterona natural (CIDR).

Mediante los métodos de sincronización del estro con el uso de fuentes de progesterona tanto natural como sintética, conjuntamente con luteolíticos (Valerato de estradiol y Prostaglandina), facilita el manejo reproductivo que se les da a los bovinos en esta región, teniendo un resultado más favorable en los parámetros reproductivos. Además, con este tipo de manejo reproductivo, los productores pueden obtener camadas de becerros homogéneas y así mejorar su ingreso económico, sin embargo, hay factores que pueden alterar la respuesta a los diversos tratamientos, entre los mas importantes se encuentran el Medio Ambiente, estado fisiológico de la hembra.

10. BIBLIOGRAFIA

- Arthur GH, Noakes DE, Pearson H. 1989. Veterinary Reproduction and Obstetrics. 6a Edición. Editorial. Balliere Tindall. Londres, Inglaterra.
- Bavera GA. 2005. Sincronización de celos. Cursos de Producción Bovina de Carne. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto. Córdoba, Argentina.
- Bo AG. 2002. Dinámica folicular y tratamientos hormonales para sincronizar la ovulación en el ganado bovino. Instituto De Reproducción Animal Córdoba (IRAC). Facultad De Ciencias Agropecuarias. Universidad Católica De Córdoba. Córdoba Argentina. 1 – 4 Pp.
- Chenault JR, Boucher JF, Dame KJ, Meyer JA, Wood SL. 2003. Intravaginal progesterone insert to synchronize return to estrus of previously inseminated dairy cows. Journal of Dairy Science 86: 2039-2049.
- Cruz R, Soto E, Aranguren JA, García M, De La Hoz C. 1997. Sincronización del celo y fertilidad en vacas y novillas mestizas tratadas con dosis de PGF_{2α} o sus análogos. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal 5:381-383.
- De Alba J, Kennedy BW. 1994. Genetic parameters of purebred and crossbred milking criollo in tropical Mexico. Animal Production 58: 159-185.
- Díaz T. 2001. Dinámica del desarrollo folicular ovárico durante el ciclo estral en el bovino. Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias 40: 3-18
- Fernández TA, 2003. Dinámica folicular: Funcionamiento y regulación. Cursos de Producción Bovina de Carne. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto. Córdoba, Argentina.
- Gigli I, Russo A, Agüero A. 2006. Consideraciones sobre la dinámica ovárica en equino, bovino y camélidos sudamericanos. Revista InVet 8: En prensa.
- Gobierno Del Estado De Michoacán, Secretaria De Gobernación, Centro Nacional De Estudios Municipales y Centro Estatal De Estudios Municipales. 2000. Enciclopedia Los Municipios De Michoacán. http://www.michoacan.gob.mx/municipios/100medio_fisico.htm> Consulta 02 De Octubre, 2006.

- Gómez CH, Tewolde A, Nahed JT. 2002. Análisis de los sistemas ganaderos de doble propósito en el centro de Chiapas, México. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 10: 175-183.
- González F, Bas F, Caceres N, Rahaussen E. 2001. Efecto de la sincronización con prostaglandina, en el posparto temprano, sobre el comportamiento reproductivo en vacas lecheras de alta producción. Ciencia e Investigación Agraria 28:15-22.
- González GA. 2002. La función reproductiva del ganado lechero.
<http://fmvz.uat.edu.mx/bpleche/bpleche/BPL31.htm>. Consulta 19 De Sep. Del 2006.
- Hafez ESE, 1996. Reproducción e inseminación artificial en animales domésticos. 6a Edición. Editorial Interamericana. McGraw-Hill. México, D.F. 39-46. Pp.
- Hafez ESE, Hafez B. 2002. Reproducción E Inseminación Artificial En Animales, 7a Edición. Editorial Mc Graw Hill Interamericana. México. 38 pp.
- Holy L. 1983. Bases biológicas de la reproducción bovina. Editorial Diana. México. Pp. 47-48.
- Intervet Colombia Ltda. 2000. Recomendaciones para el Uso de Crestar.
http://www.intervet.com.co/products/crestar_/020_detalle_de_producto.asp.
02 de octubre del 2006.
- Intervet laboratorios. 1998. Guía para el uso de crestar. México, D.F.
http://www.intervet.com.co/products/crestar_/020_detalle_de_producto.asp.
- Jackson LG, Liu CT. 1982. Structure, characteristic and biosynthesis of prolactin, luteinizing hormone, and follicle stimulating hormone. Biochemistry of mammalian reproduction. II Reproductive endocrinology. Zaneveld DLJ & Chatterton RT (Editors). John Wiley & Sons. USA.
- Larocca C, Lago I, Fernández A, Rosés G, Lanza R, Armand UP, Boggio DJC. 2005. Alternativas para la sincronización del estro en vaquillonas Holstein Uruguayo (HU). Revista Científica 15: 512-516
- Lozano JM, Lonergan P, Boland MP, O`Callaghan D. 2003. Influence of nutrition on the effectiveness of superovulation programmes in ewes: effect on oocyte quality and post-fertilization development. Reproduction 125:543-553.

- Lucy MC, Billings HJ, Butler WR, Ehnis LR, Fields MJ, Kesler DJ, Kinder JE, Mattos RC Short RE, Thatcher WW, Wettemann RP, Yelich, Hafs HD. 2001. Efficacy of an intravaginal progesterone insert and an injection of PGF_{2α} for synchronizing estrus and shortening the interval to pregnancy in postpartum beef cows, peripubertal beef heifers, and dairy heifers. *Journal of Animal Science* 79: 982-995.
- Manrique MJR. 1990. Fisiología de la reproducción del ganado lechero. FONAIAP, Estación Experimental Táchira.
<http://www.ceniap.fonaiap.gov.ve/bdigital/fdivul/fd33/texto/fisiologia.htm>
Consulta 18 Sep. Del 2006.
- Martinez MF, Kastelic JP, Adams GP, Mapletoft RJ .The use of a progesterone-releasing device (CIDR-B) or melengestrol acetate with GnRH, LH, or estradiol Benzoate for fixed-time AI in beef heifers. *Journal of Animal Science* 80:1746-1751.
- Ortega RVM. 2005. sincronización de celo con progesterona y gonadotropina coriónica equina en novillas de carne mantenidas en condiciones de pastoreo. Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. Pp. 1 – 2.
- Pfizer Salud Animal. 2005. Ganado en pastoreo.
http://www.pfizerah.com.mx/product_overview.asp?drug=CI&couny=MX&lang=SP&species=PA. Consulta 02 De Octubre Del 2002.
- Rivas L, Holmann F. 2003. Sistemas de doble propósito y su viabilidad en el contexto de los pequeños y medianos productores en América Latina tropical. Plataforma Hispanoparlante Sobre Ganadería y Medio Ambiente. FAO-CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Robson RC, Aguilar DE, Esponde P, Sanpedro D, Ramirez JC. 2002. Sincronización de celos en bovinos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Noticias y Comentarios. Estación Experimental Agropecuaria Mercedes, Corrientes, Argentina. No. 364 1-5 pp.
- Rubianes E. 2000. Avances en el conocimiento de la fisiología ovárica de los pequeños rumiantes y su aplicación para el manejo reproductivo. *Actas de Fisiología* 6:93-103.

- Salas RG, Canela TJ. 2004. Indicadores reproductivos de la ganadería bovina en los municipios de la región de Tierra Caliente Michoacán En: XXVIII Congreso Buiatria 2004. Agosto 10-14 Morelia, Michoacán.
- Silva MC, Guzmán CR, Delgado LR, Aké LR. 2002. Respuesta de novillas Brahman a la sincronización del estro con progestágenos; conducta sexual y tasa de gestación. *Revista Biomédica* 13: 265-271.
- Snell RS. 1999. *Neuroanatomía clínica*, 4a Edición. Editorial Panamericana. México, DF. Pp. 257.
- Stevens A, Lowe J. 1997. Endocrine system. In *Human Histology*, 2 Edition, Pp. 261.274. <http://www.iqb.es/cbasicas/anatomia/glandulas/hipofisis01.htm>. Consulta 19 de Sep. Del 2006.
- Stevenson JS, Lamb GC, Johnson SK, Medina BMA, Grieger DM, Harmony KR, Cartmill JA, El ZSZ, Dahlen CR, Marple TJ. 2003. Supplemental norgestomet, progesterone, or melengestrol acetate increases pregnancy rates in suckled beef cows after timed inseminations. *Journal of Animal Science* 81:571-586.
- Sumano LH, Ocampo CL. 1997. *Farmacología veterinaria*. 2ª Edición. Editorial McGraw – Hill. México. Pp. 494 – 512 – 539 - 545.
- Swenson MJ, Reece WO. 1999. *Fisiología de los animales domésticos de Dukes*. 5a Edición, Tomo 2. UTEHA Noriega Editores, 1999. México. 634 Pp.
- Torres BI. 1991. La Producción De Leche En México. Seminario Internacional Sobre Lechería Tropical. FIRA. Villahermosa, Tabasco, México, pp. 39-41.
http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S079872692006000200002&lng=pt&nrm=iso&tlng=es. Consulta 19 De Sep. Del 2006.
- Wattiaux AM. 2005. Detección de celo, servicio natural e inseminación artificial. Instituto Babcock Para La Investigación y Desarrollo Internacional De La Industria Lechera. Universidad de Wisconsin, Madison. Estados Unidos de América.
http://66.102.7.104/search?q=cache:fNw9D_VqqPkJ:babcock.cals.sc.edu/downloads/de/09.es.pdf+patrones+diarios+de+signos+de+clo&hl=es&gl=mx&ct=clnk&cd=3.
http://www.agrobit.com/Info_tecnica/Ganaderia/insem_artif/GA000002inhtml
Consulta 18 De Sep. Del 2006.