

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS PECUARIAS

**EVALUACIÓN DE UN TRATAMIENTO DE SINCRONIZACIÓN DE
CELO PARA INSEMINACIÓN A TIEMPO FIJO, EN NOVILLAS DE
LA RAZA BRAHMÁN.**

KIRTVIN A. MOJICA V.

4-749-2467

DAVID, CHIRIQUÍ
REPÚBLICA DE PANAMÁ

2013

**EVALUACIÓN DE UN TRATAMIENTO DE SINCRONIZACIÓN DE
CELO PARA INSEMINACIÓN A TIEMPO FIJO, EN NOVILLAS DE
LA RAZA BRAHMÁN.**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL TÍTULO
DE INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS PECUARIAS**

**PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O
PARCIAL DEBE SER OBTENIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS**

APROBADO:

Dr. Reinaldo De Armas

Director

Ing. Gerardo Sandoya

Asesor

Dr. José Ramón Binns

Asesor

**DAVID, CHIRIQUÍ
REPÚBLICA DE PANAMÁ**

2013

AGRADECIMIENTO

Primero que todo, le doy gracias a Dios porque ha estado conmigo en cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar; y a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presenta sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad.

Debo agradecer de manera especial y sincera al profesor Dr. Reinaldo de Armas por aceptarme para realizar este proyecto de tesis bajo su dirección. Su apoyo y confianza en mi trabajo y capacidad para guiar mis ideas ha sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de esta tesis, sino también en mi formación como investigador. Quiero expresar también mi más sincero agradecimiento al Dr. José Ramón Binns, Ing. Gerardo Sandoya, Ing. Alex Solis por sus importantes aportes y disponibilidad en el desarrollo de esta tesis y que atinadamente su participación ha enriquecido el trabajo realizado. Y a mis compañeros Aristides Vargas y Yasmin García que en todo momento mostraron el sentido de compañerismo en el desarrollo de las actividades y proyectos a realizar.

.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis principalmente a mis padres, pilares fundamentales en mi vida. Sin ellos, jamás hubiese podido conseguir lo que hasta ahora he logrado. Su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir y destacar, no solo para mí, sino para mis hermanos y familia en general. También dedico muy cariñosamente este proyecto a mi hijo Jodeth Antonio Mojica que sin presenciar lo que sucede en mi vida profesional ha sido mi mayor inspiración en el cumplimiento de mis logros y a novia Janibeth Mittshell, ella quien desinteresadamente a mostrado un gran esfuerzo y apoyo en momentos de decline y cansancio. Y finalmente A ellos este proyecto, que sin ellos, no hubiese podido ser.

EVALUACIÓN DE UN TRATAMIENTO DE SINCRONIZACIÓN DE CELO PARA INSEMINACIÓN A TIEMPO FIJO, EN NOVILLAS DE LA RAZA BRAHMÁN.

KIRTVIN A. MOJICA V. 2013

RESUMEN

El presente estudio se desarrollo con el objetivo de aportar modestamente, a través de la implementación de la Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF); algunos conocimientos que ayuden a la solución de los problemas que afrontan el pequeño y mediano productor, en cuanto a la deficiente detección de celo para la inseminación artificial y su relación con los bajos porcentajes de preñez obtenidos dentro de la finca. Este trabajo fue realizado en el Centro de Investigaciones en Biotecnologías Agropecuarias, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá. En donde fueron utilizadas 10 novillas de la raza Brahman, las cuales contaban con edades entre 21 y 24 meses y peso promedio de 800 a 900 libras. Las mismas fueron sincronizadas, partiendo del día cero con la colocación de el implante Intravaginal de la marca DIB Syntex® de 0.5 g de progesterona, asociado con 2 ml de benzoato de estradiol. Posteriormente al día 8, correspondiente al día del retiro del implante se le aplicaron 2 ml de prostaglandina (Sincrocio®) como agente luteolítico, más 1 ml de cipionato de estradiol (Sincro CP®). Posteriormente al día 10 se realizó la inseminación artificial más 2 ml de la hormona GnRH.

Con el fin de evaluar la respuesta del protocolo mediante la actividad ovárica, en el ensayo fueron realizadas diversas evaluaciones ecográficas durante el desarrollo del protocolo de sincronización, evidenciando estructuras ováricas e igualmente a los 30 y 45 días post inseminación para el diagnóstico de preñez.

PALABRAS CLAVE: Sincronización de celo, inseminación artificial, ultrasonografía, ciclicidad, ovulación, diagnóstico de preñez.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	PAGINAS
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	IV
RESUMEN	V
INDICE DE CONTENIDO	VII
INDICE DE CUADROS	X
INDICE DE FIGURAS	XI
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA A INVESTIGAR.....	3
1.2 ANTECEDENTES.....	4
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	7
1.4 OBJETIVOS.....	8
1.4.1 General	
1.4.2 Específicos	
1.5 HIPÓTESIS.....	9
1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO.....	10
II. REVISIÓN DE LITERATURA	
A. Fisiología del sistema reproductor femenino de la vaca.....	11
1. Ovarios.....	11
2. Formación de folículos.....	12
2.1 Foliculogénesis.....	14
2.2 Ovogénesis.....	14
3. Cuerpo hemorrágico.....	15
4. Cuerpo lúteo.....	16

5. Cuerpo albicans.....	17
B. DINÁMICA FOLICULAR.....	17
1. Reclutamiento folicular:.....	17
2. Selección folicular:.....	18
3. Dominancia Folicular.....	18
C. CICLO ESTRAL EN EL BOVINO.....	19
1. ETAPAS DEL CICLO ESTRAL.....	21
1.1 PROESTRO.....	21
1.2ESTRO (CELO O CALOR	22
1.3METAESTRO.....	23
1.4DIESTRO.....	23
2. Fases del ciclo estral.....	25
2.1 Fase folicular	25
2.2 Fase luteal.....	25
2.3 Fase periovulatoria.....	26
3. Hormonas de la Reproducción en la Hembra.....	27
3.1 Estrógenos.....	27
3.1.1 Esteres o sales de estradiol.....	28
3.2 Inhibina	29
3.3 GnRH.....	29
3.4 Hormona LH.....	30
3.5 Hormona FSH.....	30
3.6 Progesterona.....	30

3.7 Prostaglandina	30
D. ULTRASONOGRAFÍA EN EL BOVINO.....	32
1. PRINCIPIOS.....	32
2. APLICACIÓN.....	33
2.1 Determinación de estructuras ováricas.....	34
2.2 Comprobar gestaciones.....	34
2.3 Sexado fetal por ultrasonografía.....	35
2.4 Obtención de ovocitos por aspiración transvaginal.....	36
E. FUNDAMENTOS FISIOLÓGICOS Y ENDOCRINOS DE LOS PROTOCOLOS DE SINCRONIZACIÓN EMPLEADOS MAS FRECUENTEMENTE.....	38
I. ALGUNOS PROTOCOLOS DE SINCRONIZACIÓN DEL CICLO ESTRAL BOVINO MÁS EMPLEADOS A NIVEL MUNDIAL.....	41
1.1 Ovsynch.....	41
1.2 Co- Synch.....	42
1.3 Protocolos Utilizando Progestágenos.....	44
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	46
I.V RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
V. CONCLUSIONES.....	55
VI RECOMENDACIONES.....	56
VII Bibliografía.....	57

ÍNDICE DE CUADROS

I.	CICLO ESTRAL EN EL BOVINO.....	24
II.	EVALUACIÓN ECOGRÁFICA DE LA ACTIVIDAD OVÁRICA EN NOVILLAS SINCRONIZADAS PARA IATF.....	48
III.	DIAGNOSTICO DE PREÑEZ EN NOVILLAS TRATADAS.....	51
IV.	TABLA DE CONTINGENCIA COMPARANDO LOS RESULTADOS DE PREÑEZ OBTENIDOS CON LOS RESULTADOS NACIONALES.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

I.	ANATOMÍA DEL APARATO REPRODUCTOR DE LA VACA.....	12
II.	ESTRUCTURAS OVARICAS.....	13
III.	ENDOCRINOLOGÍA DEL CICLO ESTRAL DE LA VACA.....	20
IV.	SALES DE ESTRADIOL Y NIVELES DE FSH.....	29
V.	APLICACIÓN DE LA ULTRASONOGRAFÍA EN DETERMINACIÓN DEL SEXADO FETAL.....	36
VI.	FUNDAMENTO FISIOLÓGICO Y ENDOCRINO DEL PROTOCOLO UTILIZADO.	40
VII.	PROTOCOLO Ovsynch.....	42
VIII.	PROTOCOLO Co-Synch.....	43
IX.	DISPOSITIVOS INTRAVAGINALES LIBERADORES DE PROGESTERONA.....	45
X.	PROTOCOLO DE SINCRONIZACIÓN UTILIZADO.....	47

I. INTRODUCCIÓN

La situación actual de la ganadería, agravada por los altos costos de producción y los bajos precios pagados a los ganaderos, exige al productor panameño mayor eficiencia para garantizar el retorno económico y es la eficacia reproductiva uno de los principales factores que contribuyen a mejorar las ganancias dentro de la finca. Es por ello que se han desarrollado en los últimos años numerosas técnicas reproductivas con el fin de lograr mayor rentabilidad en este tipo de negocio, como son la Inseminación Artificial y más recientemente la Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF).

Debido a la creciente demanda en el mercado de proteínas de origen animal, ya sea leche o carne; el hombre se ha visto en la necesidad de recurrir a estas técnicas que se han ido desarrollando con gran éxito a nivel mundial, trayendo consigo un aumento de las ganancias económicas al productor pecuario (Palma, 2008).

Por otro lado según Bo.G.A. (2002), una de las principales limitaciones en el manejo reproductivo de ganado bovino es la deficiente detección y sincronización de celos debido a la gran variabilidad en comportamiento que existe entre animales, es por ello que los métodos de control artificial del ciclo estral se han basado principalmente en el conocimiento de los mecanismos de control hormonal del ciclo estral dirigidos a mejorar la eficiencia reproductiva.

En bovinos el desarrollo de estos métodos han permitido la manipulación eficiente del celo y la ovulación, para determinar el tiempo óptimo de la inseminación artificial, sincronizando la cubrición y parición a fin de permitir el establecimiento de programas apropiados de mejoramiento genético.

Al respecto Palma (2008), señala que desde el punto de vista productivo resulta más fácil hacer una inseminación masiva lograda con calores inducidos que al celo detectado, obteniendo así una mejor tasa de preñez.

Como alternativa de manejo para evitar o disminuir la detección de celos y acortar el intervalo entre parto se han desarrollado protocolos de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF), utilizando diferentes fármacos, tales como DIB (Dispositivo Intravaginal con Progesterona), Prostaglandina (Ciclase), eCG (Novormón) y GnRH (Ptaszynska, 2007).

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido al acelerado crecimiento de la población a nivel mundial y por consiguiente la escasez de alimentos, los productores pecuarios se han visto en la necesidad de intensificar sus sistemas de producción y hacerlos más eficientes cada día para poder contrarrestar la gran demanda de productos alimenticios de origen animal.

La Inseminación Artificial (IA) ha demostrado ampliamente su gran aporte para el mejoramiento genético en la ganadería y nadie puede negar el gran impacto de esta técnica en la mejora de los índices de producción lechera en diferentes partes del mundo. Sin embargo, aún subsisten algunos factores que atentan contra una mejor eficiencia de la técnica y entre las que se pueden mencionar las dificultades y deficiencias en la detección de celos.

En sistemas ganaderos en busca de una mejor rentabilidad de la finca, expertos han ideado diversas técnicas de tratamientos hormonales con el fin de mejorar la eficiencia productiva y reproductiva del hato, mediante el uso de productos farmacológicos que permitan mejorar la ciclicidad de las vacas y ajustar parámetros reproductivos como: intervalo entre partos, anestro post parto y pubertad tardía, que se ajusten a las necesidades del entorno.

En busca de mejorar dichos parámetros reproductivos, se han desarrollado protocolos de sincronización de celo basados en someter farmacológicamente a hembras, que anatómicamente y fisiológicamente son consideradas aptas para la reproducción dentro del rebaño.

Teóricamente el problema central que se busca solucionar al implementar un método de sincronización de celo para Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF); es el de reducir en gran medida los problemas de detección de celo que ocurren en los programas de Inseminación Artificial a celo detectado, y de esta manera no tener la necesidad de mano de obra para la detección de celo, trayendo consigo mejores tasas de preñez y disminución de costos.

1.2 ANTECEDENTES:

Las primeras investigaciones del uso de la Inseminación Artificial (IA) fue en el año de 1780, por el fisiólogo italiano Lázaro Spallanzani, realizado en perras.

En 1803, el mismo L. Spallanzani informó que los espermatozoides enfriados con nieve no morían, sino que solo se tornaban inmóviles y que exponerlos al calor recuperaban la motilidad por varias horas.

La inseminación artificial ha sido una técnica que se ha venido desarrollando como una herramienta en busca de acelerar el avance genético de todo hato, mas sin embargo, la actividad de detección de celos imposibilita la obtención de buenos resultados, debido al ambiente de trabajo o falta de experiencia por parte del personal encargado; así como también problemas reproductivos del hato ya antes mencionados.

Para facilitar un mejor desarrollo de la técnica de inseminación artificial, se han desarrollado protocolos de sincronización de celos, sometiendo a las vacas a

tratamientos hormonales y conseguir así que las mismas entren a la etapa reproductiva.

La disponibilidad comercial de la Hormona Liberadora de las Gonadotropinas (GnRH) en los años 70, permitió su utilización como tratamiento para los quistes foliculares; también es utilizada al momento del servicio como una alternativa para asegurar la ovulación.

Drost y Thatcher (1992), afirma que uno de los tratamientos más comunes de sincronización de celos era mediante el uso de la prostaglandina (PGF). Una de las desventajas fue la falta de efectividad en la inducción de la luteolisis en los primeros cinco o seis días y la variabilidad en la distribución de presentación de celo en un periodo hasta de cinco días, debido al estado folicular al momento del tratamiento.

Posteriormente en la década de los 90, fueron creados protocolos de sincronización de celo utilizando progestágenos tales como Norgestomet y dispositivos intravaginales. En estudios posteriores se observó que los progestágenos no llegaban a imitar la acción de los niveles luteales de progesterona sobre la secreción pulsátil de LH, que se encontraba aumentada y hacia que el folículo dominante siguiera creciendo, sin permitir el crecimiento de una nueva onda folicular de modo que al retirar la fuente de progesterona, el folículo ovulatorio contenía un ovocito envejecido y esta era la causante de una baja fertilidad.

Finalmente, una de las alternativas fue la de sincronizar el desarrollo folicular mediante la utilización de dosis farmacológica de sales de estradiol que acompañara la fuente de progesterona para que, a través de la inhibición de las gonadotrofinas circulantes, indujera la atresia del folículo dominante y así se pudiera dar el crecimiento de una nueva onda folicular tres a cinco días que corresponde al periodo del retiro del implante con progesterona. En otros trabajos también se observó que para tener mayores índices de preñez en programas de IATF, había que inducir la ovulación utilizando una dosis de estradiol acompañada de una aplicación de prostaglandina ($\text{PGF}_{2\alpha}$) al final del tratamiento.

Basurto (2003), afirma que la sincronización de celos indica agrupamiento; de esta manera, la terapia hormonal tiene como finalidad lograr la expresión del estro en un número considerable de vacas en un periodo estrecho, de corta duración, a tiempo preestablecido sin la necesidad de detección de celo.

En los últimos años, ganaderos panameños han hecho uso de la técnica de sincronización de celo para IATF, y es muy notable un mayor desarrollo de la misma en el sector lechero, buscando y obteniendo mejores resultados productivos y reproductivos del rebaño.

1.3 JUSTIFICACIÓN.

La Inseminación Artificial a Tiempo Fijo ha sido implementada en distintas latitudes, en muchos casos con gran éxito. En nuestro medio tropical el uso masivo de esta herramienta biotecnológica no se ha podido difundir con gran éxito debido al alto costo de los tratamientos, ligado a la situación económica del productor (bajos ingresos, actividad de subsistencia), siendo este el primer obstáculo. Por otro lado la falta de conocimiento técnico resulta otra limitante, pues su aplicación requiere de personal, equipo y condiciones un tanto especiales, que bajo el esquema de producción y reproducción convencionales han impedido su aplicación permanente e involucra un aumento en el costo de producción.

Por estas razones el éxito de la misma ha sido considerablemente bajo realidad de la que no escapa nuestro país, razón por la cual se decidió llevar a cabo este proyecto de investigación, buscando aportar modestamente algunos conocimientos que ayuden a la solución de los problemas que afrontan el pequeño y mediano productor en la aplicación de esta técnica.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 General:

- Evaluar un tratamiento de sincronización de celo para la IATF, en novillas de la raza Brahman.

1.4.2 Específicos:

- Estudiar la sincronía en la aparición de los signos el celo de las novillas tratadas
- Estudiar y confirmar mediante ultrasonografía el momento de la ovulación de las hembras tratadas.
- Determinar los resultados preñez en los 30 y 45 días posteriores a la Inseminación a tiempo fijo de las hembras sincronizadas.
- Comparar el porcentaje medio de preñez nacional con el uso de la IATF, versus el porcentaje de preñez resultante del protocolo a utilizar.

1.5 HIPÓTESIS

Ho: Las hembras tratadas no presentan celo sincronizado luego de la aplicación del protocolo ensayado.

Ha: Las hembras tratadas presentan celo sincronizado luego de la aplicación del protocolo ensayado.

Ho: No se evidenció una concentración de las ovulaciones en las hembras tratadas de acuerdo con los hallazgos ultrasonográficos.

Ha: Se evidenció una concentración de las ovulaciones en las hembras tratadas de acuerdo con los hallazgos ultrasonográficos.

Ho: Las hembras inseminadas a tiempo fijo no resultan preñadas al momento de la determinación de la preñez.

Ha: Las hembras inseminadas a tiempo fijo resultan preñadas al momento de la determinación de la preñez.

Ho: El porcentaje de preñez del protocolo utilizado no superó el porcentaje promedio nacional.

Ha: El porcentaje de preñez del protocolo utilizado superó el porcentaje promedio nacional.

1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO:

ALCANCES

Con la realización de este proyecto de investigación se busca beneficiar específicamente al productor pecuario, mostrándole una alternativa para lograr una mayor rentabilidad de su negocio, mejorando la eficiencia productiva y reproductiva de su hato dándole acceso a programas de mejora genética empleando la IATF. También se pretende ofrecer un material de consulta a profesores y estudiantes universitarios interesados en conocer herramientas biotecnológicas como la IATF. Igualmente este estudio contribuye a comprender la funcionalidad ovárica y comportamiento hormonal dentro del ciclo estral de la vaca, necesario para el desarrollo exitoso de protocolos de sincronización de celo.

LIMITACIONES

En el desarrollo de la investigación se presentaron las siguientes limitaciones:

- Altos costos de los insumos, en este caso las hormonas para desarrollar el protocolo de sincronización deseado. Para resolver esta situación se recurrió a la búsqueda del patrocinio de las mismas.
- Baja disponibilidad de semovientes para el desarrollo del proyecto de investigación.
- Ausencia o escasas de información actualizada referentes al tema de investigación en nuestro país.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

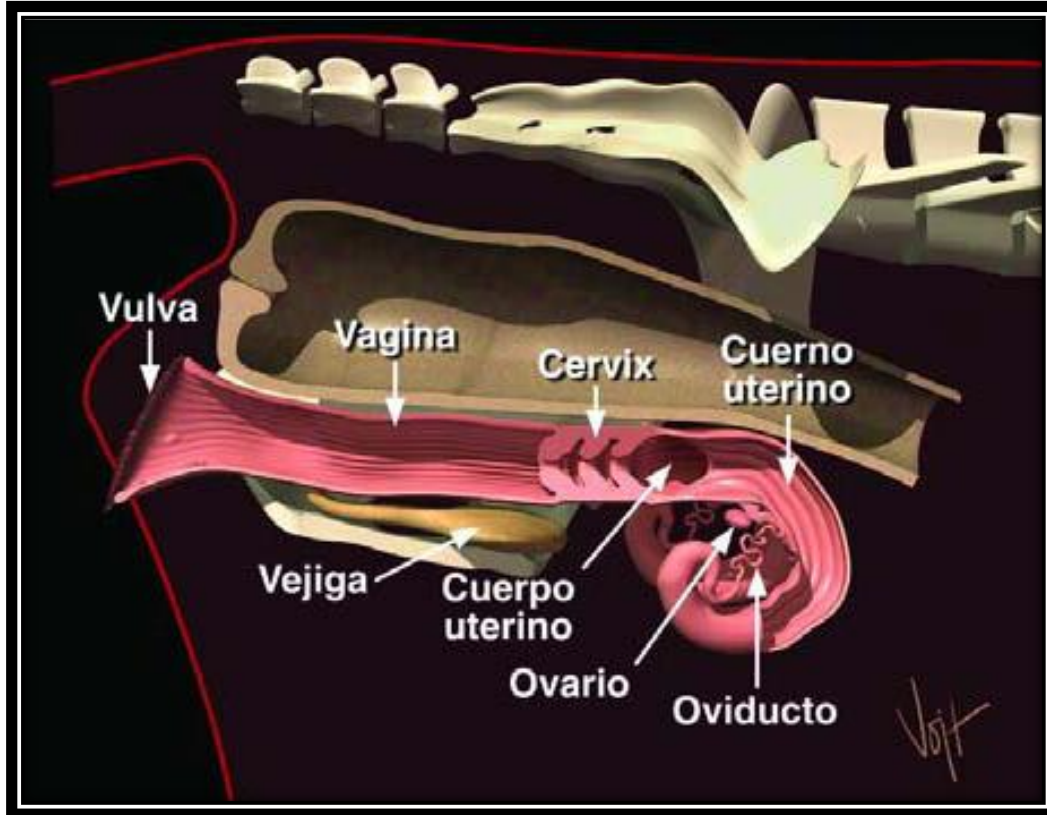
A. Fisiología del Sistema Reproductor Femenino de la Vaca

1. Ovarios

Es el órgano primario de la reproducción en la hembra. Los ovarios en número par (uno para cada cuerno) pueden ser considerados de naturaleza endocrina y citógena porque producen hormonas, las cuales son absorbidas en el torrente circulatorio y también porque producen óvulos. El tamaño del ovario varía con el ciclo estral. Generalmente son de forma ovoide y su tamaño promedio es de 3.5 x 2.5 x 1.5 cm. Según Getty (1982), los ovarios de la vaca son más pequeños que los de la yegua. Miden normalmente de 3,5 a 4,0 cm de longitud, 2,5 cm de ancho y tienen alrededor de 1,5 cm de grueso en su porción mayor; el peso de unos 15 a 20g.

Su interior está dividido en dos capas. La médula o porción central del ovario es rica en vasos sanguíneos, nervios y la corteza o porción externa donde se encuentran los folículos primarios. En cada folículo se encuentra una célula u óvulo rodeada de células foliculares. Es importante recordar que en cada ovario hay alrededor de 200,000 folículos primarios, en estado de reposo, es decir folículos jóvenes en desarrollo (Frandsen 1976).

FIGURA 1. ANATOMÍA DEL APARATO REPRODUCTOR DE LA VACA



Fuente: Diapositivas ANATOMÍA DEL APARATO REPRODUCTOR DE LA HEMBRA 2010. FCA-UP

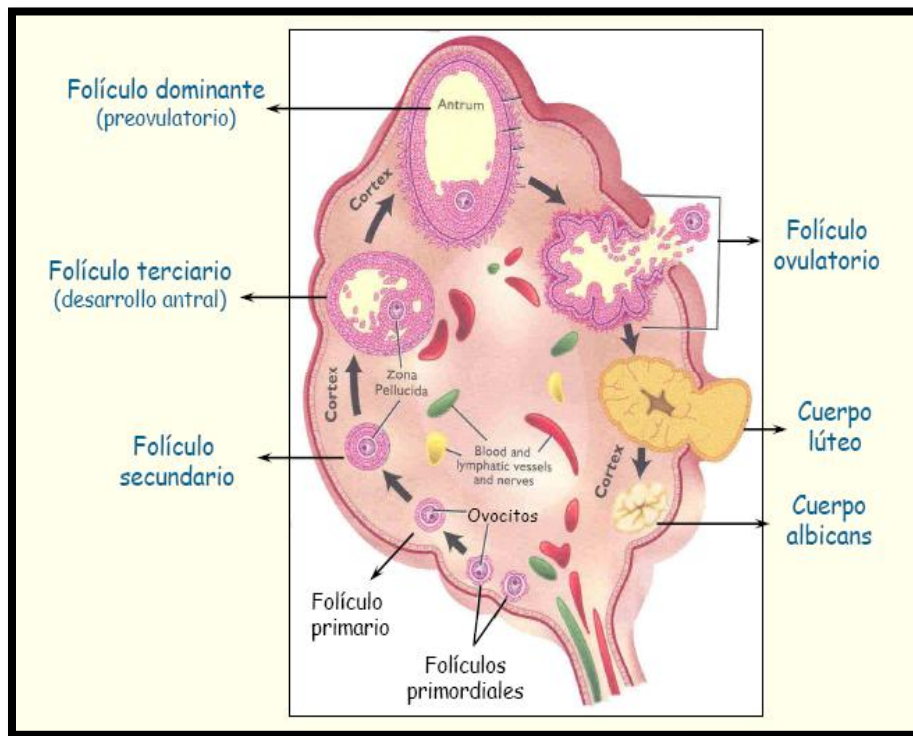
2. Formación de folículos

En la hembra bovina, en estado de pubertad, el hipotálamo, produce el factor de liberación de las hormonas (FSH y LH), ésta va a la hipófisis permitiendo que se libere la hormona estimulante (FSH), que por vía sanguínea llega al ovario, en donde hace que el folículo más superficial y apto aumente de tamaño rápidamente, con proliferación de las células de la teca y aumento de la secreción de estrógenos. El crecimiento del folículo se efectúa en dos a tres días anteriores

al celo, simultáneamente los niveles altos de estrógeno inhiben al hipotálamo e hipófisis en la producción de FSH.

Al inhibirse la producción de FSH por la acción estrogénica, el hipotálamo produce el factor de liberación de la hormona luteinizante (LH) la que termina la maduración folicular a folículos mayores a 8.0 mm que produce dehiscencia del folículo hacia el infundíbulo de las trompas de falopio. Cuando sale el óvulo o una horas antes, disminuyen los estrógenos secretados por la teca (Ptaszynska, 2007).

FIGURA 2. ESTRUCTURAS OVÁRICAS



FUENTE: Adaptado de Senger (2004)

2.1 Foliculogénesis

Villavicencio y Méndez (2007), Pérez y Rodríguez (2002), entre otros autores, describen la Foliculogénesis como el desarrollo folicular (reclutamiento, selección, crecimiento, maduración y ovulación durante el ciclo estral de la hembra) que incluye señales endócrinas, parácrinas y autócrinas dentro del ovario y un intercambio de señales endocrinas entre los ovarios y la hipófisis, y envuelve una combinación de interacciones entre hormonas, factores de crecimiento sistemas de comunicación celular y genes. (Roble y Boland, 1991, citado por Villavicencio y Méndez 2007).

Existen evidencias de que la folículoogénesis, hasta la etapa en que se forma el andro folicular, es independiente de la hormona folículo estimulante (FSH) y se ha confirmado que la fase inicial de la Foliculogénesis es estimulada por otros factores, mientras que el folículo antral requiere de gonadotropinas. (Hafez y Hafez, 2000, citado por Villavicencio y Méndez 2007)

Tomando en cuenta que en los mamíferos después de la pubertad y al finalizar la gestación, la Foliculogénesis es el primero y uno de los más importantes eventos fisiológicos que se encaminan a la generación de crías (Solís, 2006).

2.2 Ovogénesis:

Se denomina ovogénesis al proceso de formación de los ovocitos. La ovogénesis es la gametogénesis femenina, es decir, es el desarrollo y diferenciación del gameto femenino u óvulo mediante una división meiótica (Wikipedia, 2011).

No en tanto COLE Y CUPS (s.f.), señalan que el óvulo permanece estable en el estado diploide, específicamente en la profase meiótica y cuya diferenciación del gameto femenino se caracteriza por el aumento de tamaño y síntesis de reservas.

La ovogénesis involucra etapas como la multiplicación de los oogonios, formación de ovocitos y folículos primarios, foliculogénesis y crecimiento del ovocito, maduración del ovocito y ovulación.

Cuando un folículo primordial sale de la reserva empieza a crecer junto con el ovocito y el crecimiento de este último termina casi en el momento que se forma el andro. (HAFEZ, 1989).

3. Cuerpo hemorrágico:

El folículo lleno de sangre y ya desprovisto del huevo se convierte en cuerpo hemorrágico y sirve como medio nutritivo para la proliferación de las células luteínicas cuyo crecimiento es uno de los más rápidos. (McDonald, 1981).

Después de la ovulación sigue la producción de LH y en la fosa de ovulación del ovario se comienza a formar un cuerpo hemorrágico por luteinización de las células de la granulosa. Este cuerpo hemorrágico ya está formado hacia el día tercero del ciclo y comienza a producir crecientes niveles de progesterona.

Al tiempo en que el folículo ovárico aumenta de volumen, debido principalmente al líquido que se forma en su interior, este ejerce presión sobre la túnica albugínea, reduciendo la pared ovárica en un punto (folículo pre- ovulatorio) donde salen proyectados el líquido y el óvulo, que caen en la cavidad peritoneal cerca del

infundíbulo del oviducto y con esto se completa el proceso de la ovulación (Frandsen, 1976).

Por otro lado Ptaszynska (2007), nos aporta de que existen diferencias en el mecanismo de la ovulación, siendo la ovulación espontánea la que ocurre en la mayoría de los animales, pero que el caso de la gata, la coneja y la camella, la misma es inducida durante el coito por estimulación a receptores que se hallan en la vagina y el cérvix.

4. Cuerpo lúteo:

Hacia el quinto día del ciclo se ha formado el cuerpo hemorrágico que en el día séptimo ya es un cuerpo lúteo con plena producción de progesterona. Según Frandsen (1976), luego de la formación del cuerpo hemorrágico las células epiteliales que tapizan la cavidad folicular comienzan a multiplicarse bajo el fluido de la LH (hormona luteinizante) del lóbulo anterior de la hipófisis. Con esta multiplicación se forma el cuerpo lúteo (cuerpo amarillo), el cual, en muchas especies se proyecta en la superficie del ovario.

El cuerpo lúteo se forma con células luteales grandes (anteriormente células de la granulosa) y células luteales pequeñas (teca).

El cuerpo lúteo permanece hasta el día 17, al no producirse preñez. El nivel de progesterona sanguínea inhibe al hipotálamo e hipófisis en la producción de LH, si hay preñez, el cuerpo lúteo y la producción de progesterona persisten durante dicho estado.

5. Cuerpo albicans:

Al no haber preñez, alrededor de los 17 días del ciclo, el útero produce prostaglandina (PGF 2α) llamada factor luteolítico, el cual llega al ovario para producir la degeneración del cuerpo lúteo, que se completa en el ciclo siguiente, llamado entonces así cuerpo blanco o cuerpo albicans que es una cicatriz del cuerpo lúteo en la superficie del ovario, palpable como una rugosidad (McDonald, 1981).

B. DINÁMICA FOLICULAR

“El crecimiento y desarrollo folicular se caracterizan, en los rumiantes, por dos o tres olas foliculares consecutivas por ciclo estral.

Cada ola implica el reclutamiento de una nueva cohorte de folículos de la reserva ovárica total y la selección de un folículo dominante, que sigue creciendo y madurando hasta alcanzar la fase preovulatoria, mientras que los otros se atrofian.

Se pueden distinguir tres fases en el desarrollo folicular: reclutamiento, selección y desviación o dominancia” (Ptaszynska, 2007).

1. Reclutamiento folicular:

El reclutamiento folicular se refiere a la formación de una población de folículos antrales de donde uno o varios, dependiendo de la especie (monotoca o politoca), es seleccionado para la ovulación (Fortune et al., 1991, citado por Villavicencio y Méndez, 2007).

En el vacuno y en otras especies, las olas foliculares se ven precedidas o acompañadas de un pequeño pico de FSH.

Todos los folículos que crecen como reclutamiento contienen receptores específicos para la FSH y dependen de una gonadotropina para crecer. En esta etapa, los folículos en crecimiento, no disponen de un número suficiente de receptores de LH para responder a una estimulación de tipo LH, razón por la cual esta fase del crecimiento recibe a veces el nombre de FSH dependiente.

En el vacuno, los picos secuenciales de FSH, asociados con nuevas olas de folículos, se dan durante el ciclo estral, en el periodo del post parto, durante la gestación y antes de la pubertad (Ptaszynska, 2007).

2. Selección folicular:

Una característica definitoria del folículo dominante es la mayor capacidad para producción de estradiol. La secreción de estradiol, y quizás de andrógenos, por parte del folículo dominante, está asociada con el cese del ascenso de la FSH y su posterior mantenimiento a niveles basales Ginther et al.(2000) citado por Ptaszynska, (2007). El futuro folículo dominante adquiere receptores de LH que permiten que siga creciendo en el entorno con niveles bajos de FSH y crecientes de LH.

3. Dominancia Folicular:

Tras su selección, el crecimiento, la actividad estrogénica y el plazo de vida de un folículo dominante son controlados por el patrón de pulsos de la LH. Así, cualquier

cambio en el patrón de secreción de la GnRH y, por tanto, en el de la LH, tendrá un marcado efecto sobre el crecimiento continuo del folículo dominante y su ovulación.

Al respecto Noakes (1997) y Wittke (1978), citado por Solís (2006), sostienen que aquellos folículos que han llegado al estadio de selección, la mayoría sufren atresia, por lo que solo un folículo llega a dominar y este se convertirá en folículo de Graf o folículo preovulatorio que posteriormente responderá a estímulos hormonales para darse entonces la ovulación.

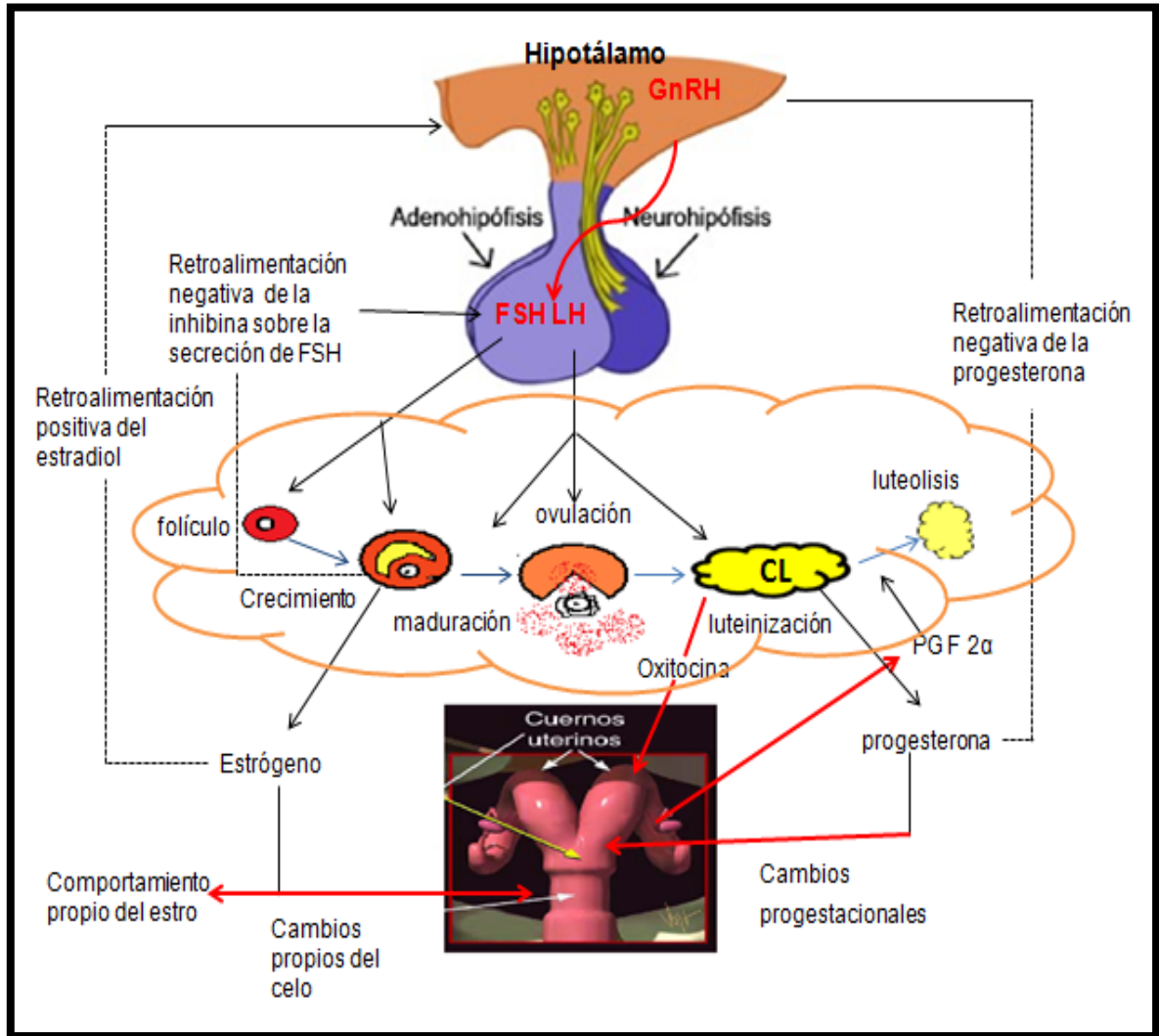
C. CICLO ESTRAL EN EL BOVINO

Ciclo estral:

la vaca tiene un ciclo estral de 21 días en promedio, pero según URROZ (2000), esa duración varía de una especie a otra y su regulación está dada por acción de las hormonas ováricas y en forma indirecta por las hormonas adenohipofisarias y debido a esta regulación hormonal períodos, designados como: estro, metaestro y proestro.

Este ciclo puede ser interrumpido o prolongado por una preñez o una situación anormal. Las hormonas que controlan el ciclo estral son producidas fundamentalmente por la glándula hipófisis y ovario (figura # 3).

Figura 3. ENDOCRINOLOGÍA DEL CICLO ESTRAL DE LA VACA



FUENTE: Ptaszynska M. (2007).

1. ETAPAS DEL CICLO ESTRAL

La vaca entra en celo a intervalos regulares. El ciclo estral va desde el principio de un periodo de celo hasta el principio del siguiente celo. El tiempo que transcurre entre estos dos periodos se denomina ciclo estral y varía entre 18 y 24 días con un promedio de 21 días. El ciclo estral es controlado directamente por las hormonas secretadas en el lóbulo anterior de la glándula pituitaria (hipófisis). El ciclo estral está dividido en cuatro fases bien definidas denominadas: proestro, estro, metaestro y diestro (Ramirez, 2007).

1.1 Proestro

Bajo el efecto de la hormona estimulante del folículo (FSH) y probablemente de la hormona luteotrófica (LH) del lóbulo anterior de la glándula pituitaria, las cuales hacen crecer y madurar el folículo, el ovario aumenta la producción de sus hormonas estrogénicas y algo de progesterona; lo cual produce un aumento en el tamaño de la vulva, vagina, útero y oviducto. Esta primera fase (proestro) del ciclo estral tiene una duración de tres a cuatro días. Esta fase sigue a la desaparición del cuerpo lúteo, con lo que disminuye los valores de progesterona (Urroz 2000).

Las hormonas estrogénicas producidas en el folículo ovárico durante su crecimiento y maduración; pasan a la corriente sanguínea estimulando la vascularización y crecimiento celular de los genitales en preparación del estro y la consiguiente preñez (Ramirez, 2007).

El proestro es el periodo en que la hembra se prepara para ser cubierta, el cual se presenta en los días 18- 20 del ciclo estral, y en donde los niveles de estrógenos aumentan.

1.2 Estro (celo o calor)

El estro o celo es el periodo en que la hembra acepta sexualmente el macho, tiene una duración de 18 horas pero puede variar entre seis y 30 horas. Este periodo es el más importante para inseminar a la hembra o poner el reproductor. Si no se detecta esta fase oportunamente en la vaca es difícil que ocurra la preñez, lo cual significa días perdidos en la vida productiva del animal y pérdidas en la economía de la explotación ganadera (Frandsen, 1976).

Durante el estro, el organismo de la hembra está bajo la acción de los estrógenos y hormonas femeninas que hacen cambiar el comportamiento del animal, disminuyendo la producción de leche, se encuentra nerviosa y alerta, monta a otras vacas y se deja montar, a esta etapa Urroz (2000) y Noakes (1997), la describen como el periodo de receptibilidad sexual.

Los signos de celo varían tanto en intensidad como en duración. Así, mientras unas vacas pueden presentar un celo largo y fuerte otras lo pueden presentar largo y débil, otras corto y fuerte y aún otras pueden presentarlo corto y débil.

En el ovario, antes de la ovulación, el folículo de Graaf es grande, túrgido y contiene el óvulo que sufre proceso de maduración. La ovulación ocurre entre 10 y 14 horas después de desaparecer en la vaca los signos externos de celo y el óvulo se aloja en el oviducto.

1.4 Metaestro

Es la fase post-ovulatoria, durante la cual, en una vaca no preñada funciona el cuerpo lúteo. La duración del metaestro (cinco a siete días) depende del tiempo que dure la secreción de la hormona luteotrófica (LH) producida por la pituitaria anterior. Durante este periodo hay descenso en la secreción de las hormonas estrogénicas y un aumento en la hormona progesterona.

No en tanto, Frandson (1976), afirma que durante el metaestro, la cavidad ovárica donde se encontraba el folículo, principia a reorganizarse y a crecer en este sitio el cuerpo lúteo o cuerpo amarillo. Los altos niveles de progesterona secretados por el cuerpo lúteo evitan el desarrollo de otros folículos y no aparece el celo. En caso de que la hembra hubiese sido inseminada o servida por el toro oportunamente y quede fecundada, la progesterona favorece la implantación del óvulo fertilizado en el útero y se mantiene la gestación. Es por eso que la progesterona se le ha dado el nombre de hormona de la preñez.

1.5 Diestro

El diestro es un periodo de reposo o quietud entre ciclos estrales tiene una duración de nueve a 12 días antes de empezar una nueva fase de proestro. Durante este periodo, el cuerpo lúteo está completamente desarrollado y tiene una marcada influencia sobre el útero. Si ocurrió la preñez, este fenómeno se prolonga a través de toda la gestación y el cuerpo lúteo permanece intacto por todo el período. Si el óvulo no fue fertilizado, y la preñez no llegó a ocurrir, el

cuerpo lúteo regresa (se destruye por acción de la $PGF2\alpha$) en nueve a 12 días para empezar el nuevo ciclo estral (Frandsen, 1976 y Urroz, 2000).

TABLA I. CICLO ESTRAL EN EL BOVINO

Ciclo estral de la vaca y sus fases de acuerdo a la estructura ovárica presente.

CICLO ESTRAL																				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Folicular			Luteínica																	
Etapa	Duración		Fase																	
Proestro	De 2 a 3 días		Folicular																	
Estro	1 día		Folicular																	
Metaestro	De 3 a 4 días		Luteínica																	
Diestro	De 13 a 15 días		Luteínica																	

FUENTE: Fernández L. (1993).

2 FASES DEL CICLO ESTRAL

2.1 Fase folicular :

Fase que ocurre dentro del ciclo estral como un evento que se expresa como un crecimiento continuo y regresión de folículos, dándose estos de una a tres oleadas por efectos de la hormona FSH (hormona folículo estimulante) y regresión de los mismos por altos niveles sanguíneos de la hormona progesterona (P4) procedente de un cuerpo lúteo activo.

La fase folicular según Hafez (1989), es el periodo que va desde la formación de folículos con andro hasta la ovulación.

No en tanto el periodo de la maduración folicular, del celo y de la ovulación, caracterizado por la producción de estradiol, recibe el nombre de fase folicular del ciclo (Ptaszynska, 2007).

El número de oleadas también van a definir el tiempo de duración del ciclo estral. El ciclo estral es más largo en hembras con tres oleadas que en aquellas con dos, debido a que en las primeras (tres oleadas) se prolonga la fase lútea. Si la función lútea declina antes, el folículo más grande de la segunda oleada alcanza su máximo diámetro, permanece viable y se transforma en un folículo ovulatorio.

2.2 Fase luteal

Ptaszynska (2007), define esta fase como, la fase de dominio de la progesterona, es decir desde la ovulación hasta la luteolisis.

En presencia de un cuerpo lúteo podemos decir que la hembra se encuentra fisiológicamente dentro del ciclo estral en la fase luteal, el cual persiste por alrededor de 15 días del ciclo, hasta el momento que haya o no reconocimiento materno de preñez; de no existir reconocimiento de preñez, se libera a nivel del endometrio uterino la hormona conocida como prostaglandina la cual causa la lisis del cuerpo lúteo causando una regresión del mismo para dar inicio a un nuevo ciclo estral.

2.3 fase periovulatoria

“Durante este período se producen importantes fenómenos: inicio del celo, onda preovulatoria de gonadotrofinas y ovulación. El intervalo entre el inicio de la luteolisis y el comienzo del celo es de 58-60 horas aproximadamente. Los niveles de estradiol aumentan desde la regresión luteal hasta alcanzar niveles máximos el día previo al inicio del celo. Dicha elevación del estradiol provoca el comportamiento propio del celo e induce la descarga preovulatoria de LH. Esta tiene una duración de 6-10 h, se inicia junto con el celo y alcanza su valor máximo (pico) cuatro a cinco horas más tarde. Durante el pico preovulatorio, la descarga de LH sigue un patrón pulsátil” (IRAC- fisiología de la reproducción de la vaca 2008, consultado en línea).

Luego de todos estos comportamientos hormonales entramos en la fase ovulatoria, en donde Ptaszynska (2007), nos describe que la ovulación se da unas 30 horas después del inicio del celo (celo) por efecto de la liberación de un pico de la hormona LH.

3. Hormonas de la Reproducción en la Hembra

Las hormonas son sustancias orgánicas producidas por las glándulas y tejidos endocrinos que, por lo general, pasan al torrente sanguíneo y ejercen su acción en otros tejidos distantes del lugar de secreción. Las hormonas son auténticos mensajeros químicos.

Entre las hormonas del ovario figuran los estrógenos originarios de los folículos, y la progesterona, de los cuerpos lúteos. La actividad de secreción del ovario se regula por la acción de las hormonas gonadotrópicas (LH y FSH) del lóbulo anterior de la hipófisis, las cuales están a su vez parcialmente reguladas por las hormonas ováricas a través de mecanismo de retroalimentación.

3.1 Estrógenos

El folículo de Graaf en fase de desarrollo produce estradiol- 17 B y otras dos hormonas que son metabolitos, es decir, estrona (metabolizado en el hígado) y estradiol (Noakes, 1997).

El término estrógeno se refiere a un grupo de compuestos de acción hormonal, estimulante de las glándulas sexuales accesorias de la hembra (Frandsen, 1976).

“La LH estimula la síntesis de androstenediona a partir del colesterol, la cual se transforma en testosterona, que sufre un proceso de aromatización para dar lugar así al estradiol- 17 B (Ptaszynska, 2007).

El estradiol- 17 B es el más potente de los principales estrógenos que se encuentran tanto en humanos como en animales, el mismo es absorbido

rápidamente, aunque la absorción puede continuar durante varios días después de su administración intramuscular.

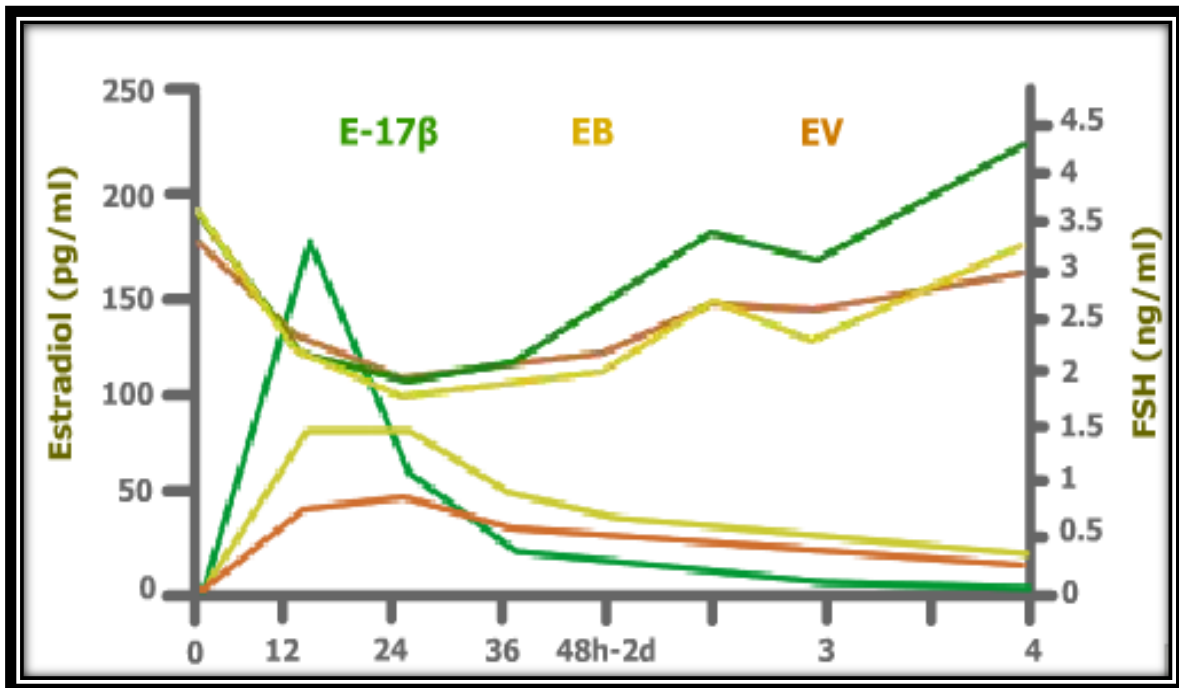
3.1.1 Esteres o sales de estradiol

Por otro lado los estrógenos esterificados están protegidos contra el ataque metabólico y a la prolongación del efecto es por ello que poseen absorción retardada después de su administración intramuscular. Dichos ésteres son absorbidos desde el lugar de inyección y el E- 17B activo es liberado después de la hidrólisis, es decir el estradiol- 17 B es la hormona activa que resulta del clivaje de los ésteres de estradiol (ver figura # 4) (IRAC Sincronización de Celo e Inseminación Artificial, 2008, consultado en línea).

- **Cipionato de estradiol:** producido por la esterificación del estradiol con ácido ciclopentanopropionico, tiene una actividad biológica mucho más sostenida que el estradiol- 17B.
- **Benzoato de estradiol:** se produce por la esterificación del carbono 3 del estradiol y tiene un periodo de acción más corto.
- **Valerato de estradiol:** estrógeno de vida media larga y de acción inmediata.

Cuanto más larga es la cadena del éster, más baja es la solubilidad en agua y más demorará en absorberse la dosis completa. Una vez en la circulación, el éster es clivado por una enzima estearasa (lo hidroliza) y la actividad biológica vuelve a ser la del E-17B normal. De lo cual se desprende que la duración de la acción depende de la absorción y no del metabolismo (IRAC Sincronización de Celo e Inseminación Artificial, 2008, consultado en línea).

FIGURA 4. SALES DE ESTRADIOL Y NIVELES DE FSH



FUENTE: (Martinez et al., 2004) IRAC Sincronización de Celos e Inseminación Artificial, 2008).

2.4 Inhibina

Es producida por la células de la granulosa, cuya función es la de inhibir la secreción de la hormona FSH por parte de la hipófisis, controlando por tanto el desarrollo folicular.

3.3 GnRH

Gonadotropinas: estas hormonas son llamadas así porque estimulan a las gónadas (testículos y ovarios). Secretadas por las células gonotrofas localizadas en el lóbulo anterior de la hipófisis. La GnRH, es la hormona que facilita la liberación de la hormona FSH (folículo estimulante) y la LH (hormona de ruptura folicular y luteinizante), (Mac Donald, 1981).

3.4 Hormona LH

En conjunto con otras gonadotropinas de la hipófisis, la hormona luteinizante es necesaria para funciones reproductivas de mamíferos, tanto en el macho como en la hembra. La liberación de LH de la glándula hipófisis es regulada por la producción pulsátil de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) proveniente del hipotálamo. Estos impulsos a su vez, están sujetos a la retroalimentación del estrógeno proveniente de las gónadas (Wikipedia 2011, consultado en línea).

3.5 Hormona FSH

La hormona cuya función es estimular el crecimiento folicular, es liberada en conjunto con la LH a nivel hipofisario pero de forma pulsátil en pequeñas oleadas con intervalos de días, es por ello que el crecimiento folicular se da en oleadas.

3.6 Progesterona

Ptaszynska M. (2007) La progesterona es esencial para la ciclicidad normal de la vaca pues controla los perfiles de la FSH, E2 y la LH y, tras la concepción es conocida como la hormona de mantenimiento de la preñez, la cual es producida por el Cuerpo Lúteo.

3.7 Prostaglandina

McDonald (1981), sustenta que las prostaglandinas se metabolizan con rapidez y probablemente no son hormonas en sentido clásico, sino que sirven más bien como “hormonas locales” que actúan en el tejido cercano al sitio de su formación,

es la llamada $\text{PGF}_{2\alpha}$ la cual participa en la inducción al parto, aborto y destrucción del cuerpo amarillo.

Ptaszynska (2007), al momento de no existir un reconocimiento de preñez al día 16 tras la ovulación, el endometrio del útero no gestante secretará $\text{PGF}_{2\alpha}$, la cual ocasiona regresión del cuerpo lúteo existente, lo que recibe el nombre de luteolisis.

Como resultado de la regresión del cuerpo lúteo, las concentraciones de progesterona en la sangre disminuirán eliminándose así el efecto negativo de liberación de GnRH facilitándose así una nueva fase folicular.

D. ULTRASONOGRAFÍA EN EL BOVINO

1. Principios:

La ecografía es el segundo formato de diagnóstico por imagen más usado en la práctica veterinaria. Usan ondas de sonido ultrasónico a un rango de frecuencia de 1.5 – 15 mega hertzios (mhz) para crear imágenes de las estructuras corporales basadas en el patrón de ecos reflejado desde los tejidos y órganos. Pueden visualizarse varios tipos de formatos de imagen. La forma más habitual (y aquella que crea la imagen real de anatomía) es el modo B, o escaneo en escala de grises. El sonido del haz es producido por un transductor que se pone en contacto con el animal. Un pulso de sonido ultracorto está dirigido al animal, tras lo cual el transductor cambia al modo de recepción. Los ecos aparecen como los cambios de velocidad del haz de sonido mientras pasan por tejidos de densidad variable. Cuando mayor es la pérdida del cambio en la velocidad, mayor es la potencia del eco. El transductor reconvierte los ecos en impulsos eléctricos que son registrados por el ordenador de la máquina de ecografía. La potencia del eco y el tiempo requerido por el eco para volver después del pulso y la dirección del haz sónico enviado son recogidos y grabados. Empleando la información de múltiples ecos, la máquina crea una imagen que representa el aspecto de los tejidos cuando se cortan en el mismo plano de una muestra anatómica. En los sistemas de examen modernos, el sonido de haz es difundido a través del cuerpo muchas veces por segundo, produciendo una imagen dinámica, en tiempo real que cambia cuando la sonda se mueve sobre el cuerpo. Esta imagen en tiempo

real es más fácil de interpretar y permite al examinador hacer un examen continuo hasta que obtiene una imagen satisfactoria (Cynthia M. Manual de MERCK, 2007).

La imagen sonográfica es limitada en cuanto a la profundidad del tejido examinado. La mayoría de escáneres exploran tejidos a una profundidad de 24 cm, pero la imagen es a menudo bastante ruidosa a esa profundidad. Esto es debido a que la mayoría de los ecos de los tejidos no retornan directamente al transductor pero son reflejados en otras direcciones. A una profundidad de 24 cm, la pérdida de energía del haz sónico da origen a ecos tan débiles que el escáner no puede separar el retorno de los ecos del ruido electrónico de fondo. Existen pérdidas de intensidad en el líquido comunicante, tanto si el haz pasa por un fluido comunicante como la sangre en el corazón o la orina en la vejiga, y el examen a máxima profundidad puede resultar aumentado.

2. Aplicación:

La ultrasonografía se ha utilizado en la reproducción bovina para la evaluación del estado reproductivo tanto de hembras como los machos. En este sentido es necesario comprender que el uso correcto de este, depende la efectividad del diagnóstico. Solis (2005), señala que la práctica se debe iniciar vaciando el recto del contenido de heces y se debe introducir el transductor transrectal, tomándolo en la palma de la mano sujetando con los dedos medio y anular por la parte dorsal y protegido lateralmente por los dedos índice y meñique. La mano debe ser introducida en el recto en forma de cuña como en una exploración rectal.

2.1 Determinación de estructuras ováricas:

La llegada de la ultrasonografía ha permitido recopilar mucha información sobre las fases del crecimiento y la selección folicular. Evaluar estructuras ováricas y determinar así de una forma más fácil la ciclicidad de las hembras bovinas en este caso (Bo y Tegli, 2005).

Noakes (1997), afirma que las estructuras llenas de líquidos tales como los folículos, quistes y sacos fetales reflejan mal las ondas sonoras y son llamadas anecogénicas o no-ecogénicas, mientras que los tejidos sólidos como huesos y músculos las reflejan con facilidad y son denominados hiperecogénicos. Una estructura no ecogénica aparece negra en la pantalla y una hiperecogénica blanca, mientras que otros tejidos producen diversas tonalidades de gris.

La ovulación en la vaca se detecta fácilmente. Si se realiza un seguimiento del animal se observa la desaparición del folículo preovulatorio (mucho más grande que los demás folículos del ovario; alrededor de 15-17 mm) y esto se corrobora con la posterior formación del CL. El cuerpo lúteo, del cual se hablará con más extensión, es distinguible ultrasonográficamente aproximadamente a los dos o tres días postovulación (Bavera, 2000).

2.2 Comprobar gestaciones:

El uso de la ultrasonografía transrectal para comprobar la gestación en una fase temprana es una de las aplicaciones más prácticas en la reproducción. La identificación precoz de las vacas no gestantes tras la monta natural o la

inseminación artificial mejora la eficiencia reproductiva y el porcentaje de gestaciones mediante la reducción del intervalo entre aplicaciones de la IA e incrementando la tasa de servicios mediante la IA.

La principal ventaja del ultrasonido es que puede proporcionar un diagnóstico preciso antes que la palpación rectal, como también la determinación del sexo de la preñez (Cynthia M. Manual de MERCK, 2007).

Urbina (2009), nos habla de que la ultrasonografía es una herramienta a que permite “ver lo que la mano no puede ver” la cual es aplicada a la reproducción evaluando el estado fisiopatológico del tracto reproductivo de una hembra, como son la presencia de fluidos intrauterinos, metritis, fibrosis con el objetivo de implementar medidas para el control de las mismas.

2.3 Sexado fetal por ultrasonografía:

La ultrasonografía como diagnóstico puede brindar muchas aplicaciones dentro del campo de la reproducción. Una de ellas es la posibilidad de determinar el sexo fetal, pudiendo así determinar el porcentaje de hembras y machos que nacerán a futuro con un alto grado de certeza y de esta manera proyectar estrategias de manejo o venta de los mismos, (figura # 5).

La técnica ecográfica para la determinación del sexo fetal en bovinos se basa en la observación del tubérculo genital fetal en forma precoz, los sacos escrotales, el prepucio y la glándula mamaria en evaluaciones ecográficas algo más tardías.

La metodología de exploración es por vía transrectal al igual que el tacto o la ecografía para diagnóstico de gestación.

Es así que a partir de los 48 (+/-2) días de gestación es posible visualizar con certeza el tubérculo genital ubicándose entre ambos miembros posteriores equidistante del cordón umbilical y de la región caudal.

A partir de los 58 - 60 días la ubicación del tubérculo genital cambia pudiendo observarlo en dos áreas bien definidas, en el caso de ser macho se localizará en cercanías del cordón umbilical y si fuera hembra se podrá observar por debajo de la región caudal (vértebras coccígeas) (Palma, 2008).

FIGURA 5. APLICACIÓN DE LA ULTRASONOGRAFÍA EN DETERMINACIÓN DEL SEXO FETAL



FUENTE: Urbina, 2009

2.4 Obtención de ovocitos por aspiración transvaginal:

La imagen de la pantalla del ecógrafo se utiliza para guiar la aguja de punción dentro del ovario hasta el folículo, por lo que la calidad de la imagen del equipo es de suma importancia. Los transductores utilizados son los sectoriales y convexos de 5 ó 7,5 MHz que permiten la visualización de folículos >2 mm de diámetro.

Los transductores lineales también pueden ser adaptados para uso transvaginal colocando una guía para la aguja de punción en la parte superior del transductor, pero su eficiencia es menor a la de los convexos. Se han diseñado diferentes tipos y formas de agujas de aspiración. En los procedimientos de rutina se utilizan agujas de 60 cm de longitud, lumen de 17, 18 ó 20 G y ángulo corto. Hay algunos equipos que permiten el uso de agujas descartables de 17 ó 18 G.

Bavera, (2000) y Guerra, (2011) sostienen que la aspiración folicular se puede realizar en animales adultos cada tres a seis días, hasta por 6 meses consecutivos sin daños a la funcionalidad ovárica del animal en este caso la donante y que repetidas aspiraciones foliculares también son posibles en animales preñados durante el primer trimestre de la gestación, posteriormente los ovarios se encontrarán en la cavidad abdominal dado el peso del feto y es difícil alcanzarlos. Los animales preñados poseen ondas de crecimiento folicular similares a los animales no preñados.

Recientemente se ha desarrollado un método de aspiración transvaginal en vaquillonas prepúberes en las que es imposible manipular los ovarios por vía transrectal. Se obtuvo un 38 % de eficiencia en la recolección (Bavera, 2000).

E. FUNDAMENTOS FISIOLÓGICOS Y ENDOCRINOS DE LOS PROTOCOLOS DE SINCRONIZACIÓN EMPLEADOS MAS FRECUENTEMENTE.

Lo que se busca al utilizar un protocolo de sincronización es evitar los problemas de la detección de celos y mejorar los parámetros reproductivos del hato, que permiten además inseminar un gran número de animales en un período de tiempo establecido. Fernández (1993), considera que la inducción al estro es favorable en la reducción del periodo abierto.

Para ello, saber cuál es el tratamiento farmacológico más óptimo es necesario saber:

- Tener conocimiento de la fisiología ovárica dentro del ciclo estral:

Dentro del ciclo estral, conocer con claridad los eventos que acontecen, reconocer estructuras ováricas y por qué el comportamiento de los niveles hormonales según la etapa o fase del ciclo.

- Fármacos disponibles en el mercado:

Es de vital importancia saber con cuales de los fármacos a utilizar, tenemos en el mercado, efectivos y que sean accesibles y de bajos costos para el productor. En definitiva tener en cuenta la relación costo/beneficio de los animales tratados.

(Becaluba, 2007).

- Escenario de trabajo:

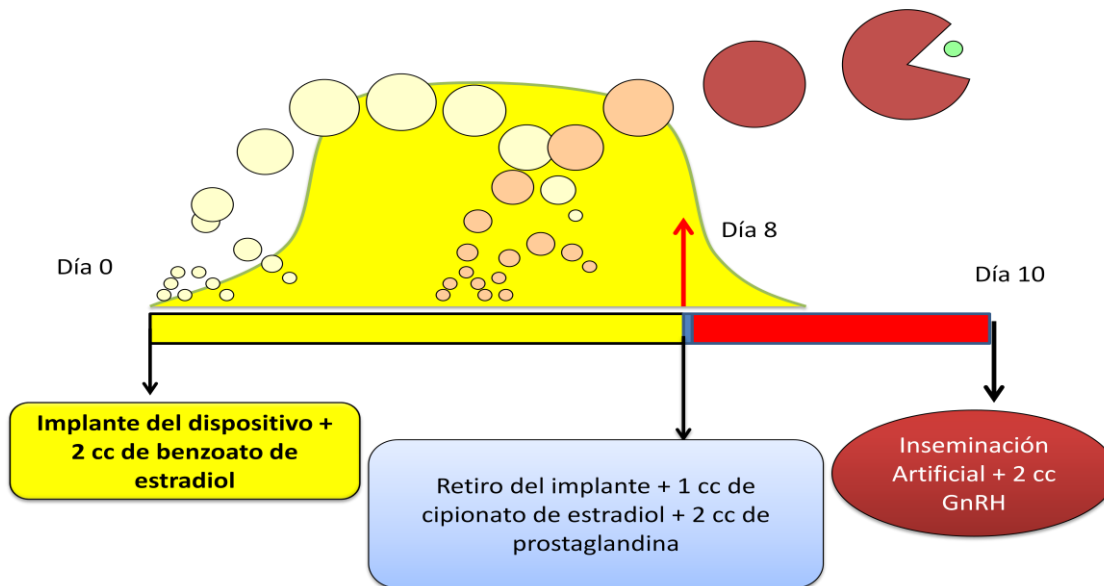
Se refiere a las condiciones de la finca y del ganado reproductivo, es decir se toma en cuenta el nivel nutricional de las vacas y la disponibilidad de alimentación adecuada, contar con personal capacitado y una finca accesible.

Se ha determinado que para tener una buena fertilidad en un programa de IATF, el tratamiento debe controlar tres aspectos fisiológicos fundamentales:

La fase luteal: mediante el uso de progestágenos y prostaglandina

El desarrollo folicular: mediante análogos de la hormona liberadora de gonadotrofinas (GnRH) que causan la ovulación del folículo dominante, resultando en una nueva onda de crecimiento folicular dentro de los dos o tres días posteriores.

FIGURA 6. FUNDAMENTO FISIOLÓGICO Y ENDOCRINO DEL PROTOCOLO UTILIZADO



FUENTE: (Diapositivas Tratamiento de sincronización de celos 2010).

La técnica de aspiración folicular igualmente se emplea para la sincronización de una nueva onda folicular, aspirando el folículo dominante o aquellos folículos mayores de cinco mm (Denis 2008; citado por Solis 2011).

Por otro lado se hace uso de sales de estradiol para sincronizar las ondas foliculares. Muy importante en este caso es la tasa de metabolización de cada uno de ellos (recomendado al día "cero" el benzoato de estradiol por su alta metabolización), actuando en altos niveles sanguíneos de la hormona estradiol generando un feed back positivo al aumento de la frecuencia pulsátil de la hormona GnRH a nivel hipotalámico para dar lugar a la liberación de la hormona LH y con esta la ovulación.

La ovulación: podemos inducir la ovulación de un folículo preovulatorio mediante dosis de la sal estradiol conocida como cipionato de estradiol, gracias mayor tiempo de metabolización en el organismo.

Otro método farmacológico sería aplicar una dosis de GnRH el día del retiro del dispositivo de progesterona, o como también el día de la inseminación (Becaluba, F. 2007).

1. Algunos Protocolos de Sincronización del Ciclo Estral Bovino más Empleados a Nivel Mundial.

1.1 Ovsynch

Un esquema de sincronización de la ovulación utilizando GnRH para la IATF llamado Ovsynch, fue desarrollado por Pursley en 1995 (Guevara, 2005).

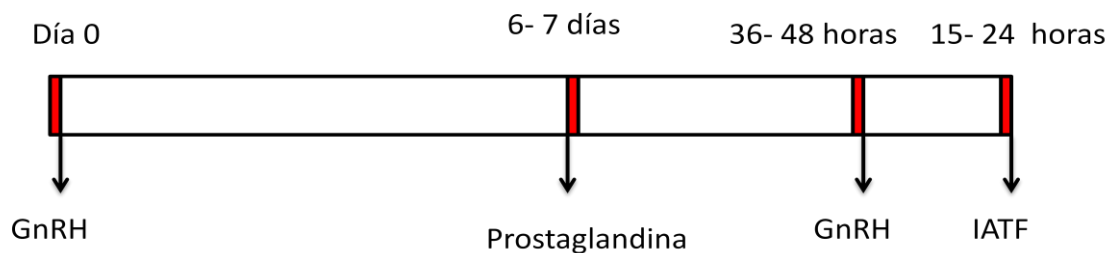
“Los protocolos de sincronización de la ovulación administrando GnRH para sincronizar el desarrollo folicular, seguido de una inyección de PGF de seis ó siete días después (para inducir la luteolisis) y una inyección de GnRH 36 a 48 horas después de la PGF (para sincronizar la ovulación). La IATF, 15 a 24 horas después de la segunda GnRH ha resultado en una fertilidad aceptable en vacas para leche y para carne”.

Como en el campo lo más probable es que se use la sincronización en vacas que pueden estar en cualquier fase del ciclo estral, la combinación de la GnRH con las

prostaglandinas da lugar a una mayor homogeneidad del estado folicular ovárico en el momento de la inducción de la luteolisis.

FIGURA 7. PROTOCOLO Ovsynch

PROTOCOLO **Ovsynch**:



FUENTE: (Diapositivas Tratamiento de sincronización de celos 2010).

La primera administración de GnRH es proporcionada en un momento aleatorio del ciclo estral y provoca la ovulación o la luteinización de un folículo dominante, si ésta presente, en alrededor del 85 % de las vacas. La administración de prostaglandina induce a la regresión del cuerpo lúteo accesorio o folículo inducido por la GnRH; y una segunda administración de GnRH entonces vamos a inducir la ovulación (Ptaszynska, 2007).

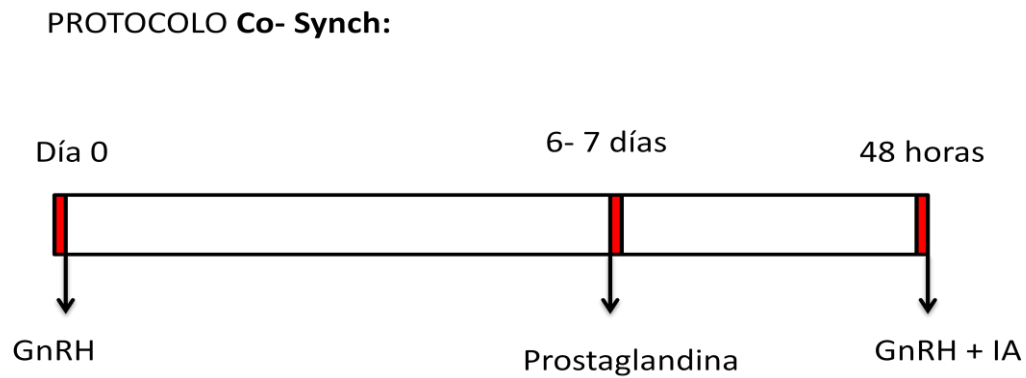
1.2 Co- Synch :

Este protocolo surge bajo diversos estudios ya que autores concluyeron que los porcentajes de gestación de los programas Ovsynch no diferían significativamente de los obtenidos con la reproducción natural. Se cree que la presincronización y

otras modificaciones del protocolo Ovsynch clásico incrementarán la probabilidad de que la ovulación sea inducida por la primera inyección de GnRH y que se dará la luteolisis y una ovulación sincronizada tras la administración de una prostaglandina y la GnRH

El protocolo Co- Synch es la modificación del protocolo Ovsynch, siendo la diferencia que en éste tanto la segunda inyección de GnRH como la IA se realizan al mismo tiempo; es decir, 48 horas después del tratamiento con la prostaglandina (Small et al.; 2000. Citado por Ptaszynska, Intervet, 2007, consultado en línea).

FIGURA 8. PROTOCOLO Co- Synch



FUENTE: Ptaszynska, (2007)

1.3 Protocolos Utilizando Progestágenos

Son tratamientos que hacen uso de implantes liberadores de progesterona (Crestar, CIDR etc.) los cuales imitan la fase lútea del ciclo estral. Para obtener un celo normalmente fértil.

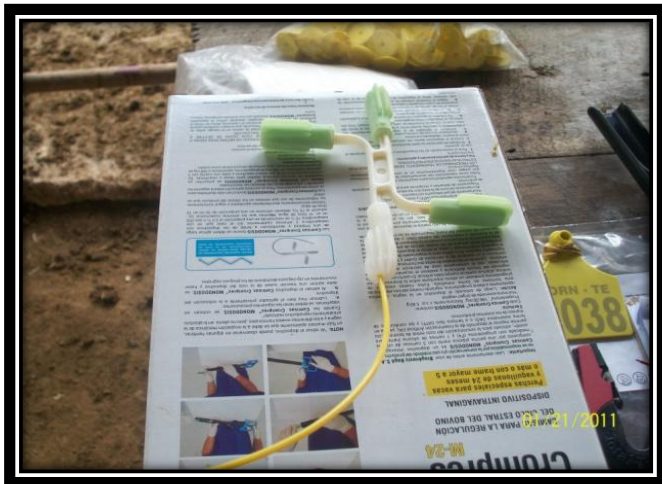
Estos dispositivos van acompañado con una dosis de estradiol al inicio del tratamiento con el fin de acortar la vida media del cuerpo lúteo y finalizar la ola existente e inducir la aparición de un nuevo folículo, es decir sincronizar la ola folicular.

Estudios demuestran que en el momento de la colocación del progestágeno es necesario inducir la ovulación o que haya un CL activo, ya que los implantes de progestágenos administrados solos no llegan a reemplazar los niveles luteales de P4 producidos por el CL. estos niveles subluteales de P4 hacen que no haya recambio folicular y provocan el mantenimiento del folículo dominante. A su vez, este folículo dominante persistente ovulará un ovocito envejecido y con bajas probabilidades de ser fertilizado. Se estima que cuatro días de dominancia es el límite en el cual el ovocito ya comenzará a estar afectado (IRAC-Sincronización de Celos e Inseminación Artificial, 2008, consultado en línea).

El tiempo de permanencia del dispositivo es variable, el cual va de 8 – 12 días liberando altos niveles de progesterona al torrente sanguíneo y actuando de manera negativa al pico preovulatorio de LH, la ovulación y el celo; hasta el día del retiro el cual va acompañado entonces con una aplicación de prostaglandina para asegurar la regresión del cuerpo lúteo. La administración de PMSG, cuando se

retira el progestágeno estimula todavía más la maduración folicular y la ovulación, como también la aplicación de una de las sales de estradiol para incrementar la precisión del inicio del estro, así como también un mayor control de la liberación del pico de LH y la ovulación (Ptaszynska, 2007).

FIGURA 9. DISPOSITIVOS INTRAVAGINALES LIBERADORES DE PROGESTERONA



Implantes Cronipres



Dispositivos Intravaginales

Fuente: **Fotografías tomadas en campo.**

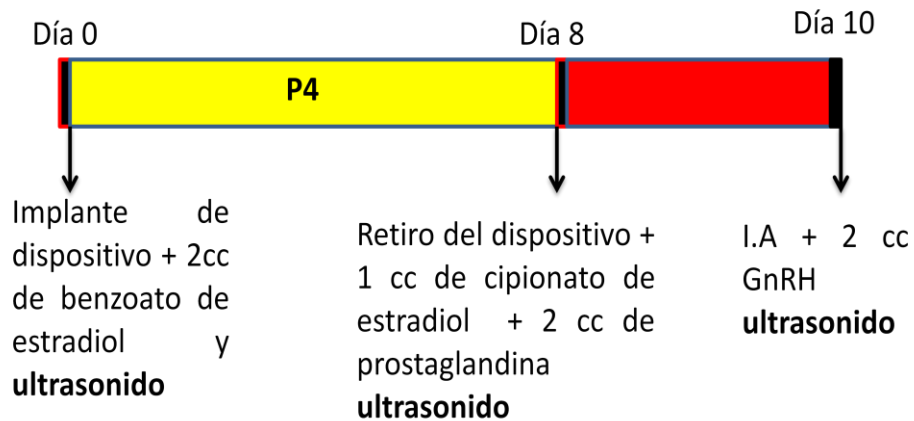
III. MATERIALES Y MÉTODOS

Este proyecto se realizó en el Centro de Investigaciones en Biotecnologías Agropecuarias, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá, ubicada en el corregimiento de Chiriquí, localizada entre la zona climática tropical de sabana; con una temperatura máxima de 33.2 °C y mínima de 21.6°C, una precipitación pluvial promedio de 213.3 mm/mes y una humedad relativa de 75%. Dicho centro se ubica entre los 8° 23' 15.12" de latitud norte y 82° 19' 47.48" de latitud oeste, con una elevación de 26 metros sobre el nivel del mar.

En el desarrollo de este proyecto fueron utilizadas un total de 10 novillas de la raza Brahman, las cuales fueron elegidas luego de realizar un diagnóstico reproductivo por ecografía y ser confirmadas en estado cíclico normal. Dichos animales contaban con edades entre 21 y 24 meses y peso promedio de 800 a 900 libras. Durante el periodo de investigación estas hembras fueron sometidas a un régimen de alimentación a base de pasto *Brachiaria decumbens* y sal mineral *ad libitum*.

Como se puede observar en la figura número 10, las novillas fueron sincronizadas (día cero), con implantes intravaginales de la marca DIB Syntex® de 0.5 g de progesterona, asociado con 2 ml de benzoato de estradiol. Posteriormente al día 8, correspondiente al día del retiro del implante se le aplicaron 2 ml de prostaglandina (Sincrocio®) como agente luteolítico, más 1 ml de cipionato de estradiol (Sincro CP®).

FIGURA 10. PROTOCOLO DE SINCRONIZACIÓN UTILIZADO



Con el fin de evaluar la actividad ovárica de las mismas luego de realizada la sincronización se realizaron evaluaciones ecográficas con un equipo marca Draminski®, el cual portaba una sonda lineal de 7,5 MHz. Comenzando del día 0 (día de la colocación del implante), posteriormente al día del retiro del implante se realizó una segunda observación ecográfica para determinar el crecimiento de la onda folicular, una tercera observación ecográfica al día 10 que se correspondió con el día de la inseminación artificial con el fin de evidenciar la presencia o no de un folículo preovulatorio; una cuarta evaluación ecográfica fue realizada al día 11, para diagnosticar la presencia de la ovulación. Finalmente se efectuó un diagnóstico de preñez a los 30 y repetido luego a los 45 días post inseminación.

Se realizó el análisis estadístico de los resultados utilizando la Tabla de Contingencia con el objetivo de comparar el porcentaje de preñez logrado con el tratamiento de sincronización de celo versus el porcentaje de preñez en programas de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo a nivel nacional.

I.V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El primer ensayo fue la evaluación ecográfica de la actividad ovárica en las novillas sincronizadas para IATF, con el objetivo de evidenciar que las novillas estaban respondiendo eficientemente al protocolo aplicado tal y como se puede observar en la tabla No. 2.

TABLA II: EVALUACIÓN ECOGRÁFICA DE LA ACTIVIDAD OVÁRICA EN NOVILLAS SINCRONIZADAS PARA IATF

	EVALUACIÓN ECOGRÁFICA, DÍA "0" COLOCACIÓN DEL IMPLANTE	EVALUACIÓN ECOGRÁFICA, DÍA "8" RETIRO DEL IMPLANTE (TAMAÑO DE LOS FOLÍCULOS)		EVALUACIÓN ECOGRÁFICA DÍA "10" IATF
Vaca	Ciclando	Ovario derecho	Ovario Izquierdo	Tamaño del folículo Preovulatorio
1	Ciclando	0.80 cm	0.55 cm	OD 1.2 cm
2	Ciclando	0.70 cm	0.96 x 0.80 cm	OI 1.1 cm
3	Ciclando	0.82 cmx0.74 cm 8< 5mm	12 < 5mm	OD 0.90 cm OI 0.90 cm
4	Ciclando	0.55 cmx0.44cm 9 < 5mm	0.53cmx0.60cm 2 de 5.5mm 8<5m	OI 0.75 cmx0.40cm
5	Ciclando	0.74cmx0.65cm 1 de 0.55cm 6< 5mm	1 de 5.5mm 9<5mm	OD 0.90cm
6	Ciclando	0.75cmx0.57cm 0.65cmx0.80cm 8<5mm	9<5mm	OD 0.90cm
7	Ciclando	0.80cmx0.65cm 10 <5mm	8<5mm	OD 1 cm
8	Ciclando	0.70cmxo.60cm 0.66cmx0.50cm	5<5mm	OD 0.60cm
9	Ciclando	0.70cmx0.85cm 1 de 5.5mm 6<5mm	1 de 0.60cm 10 < 5mm	OD 1,5 cm
10	Ciclando	0.80cmx0.68cm	8<5mm	OD 1 cm

En relación a la primera observación ecográfica el día "0" para ciclicidad, Bó (2009), en sus investigaciones señaló que el índice de concepción en promedio se encontró en un 50 % y que la fertilidad podía variar del 29 al 67%, afectado en gran medida si la novilla estaba ciclando o en anestro al inicio del protocolo de sincronización.

En este cuadro igualmente podemos apreciar que hubo una total sincronía de las ondas foliculares al día del retiro del implante con progesterona. Esto debido a la intervención hormonal del dispositivo Intravaginal asociado a una dosis de benzoato de estradiol. La importancia de controlar esta actividad fue estudiada por Ptaszynska (2007), quien nos relata que es necesario en el momento de la colocación del progestágeno inducir la ovulación o que haya un CL activo, ya que los implantes con progesterona (P4) administrados solos, no llegan a reemplazar los niveles luteales de P4 producidos por el CL y que estos niveles subluteales de P4 hacen que no haya desarrollo folicular, provocando el mantenimiento del folículo dominante. A su vez, este folículo dominante persistente ovulará un ovocito envejecido y con bajas probabilidades de ser fertilizado, he allí la importancia de la sincronización de las ondas foliculares para mejorar los porcentajes de preñez en programas de IATF.

De la tercera evaluación ecográfica al día 10 (IATF), realizada para determinar la presencia y el tamaño del folículo preovulatorio, encontramos en un 80% (8 de 10) de los casos, la aparición del mismo en el ovario derecho fue de un 87.5% (7 de 8), con un tamaño promedio de 0.99 cm de diámetro. Resultados superiores en cuanto al tamaño del folículo preovulatorio fueron descritos por Bó, Souza y

Baruselli (2009), quienes estudiaron vacas lecheras en lactancia, mientras que Thomazi et al (2009), encontraron valores inferiores con respecto a los valores arrojados en el ensayo. Esto a nuestro criterio pudo estar influido a que en el primer caso se emplearon animales de razas Bos Taurus de carne y en el segundo se estudió la raza Nelore a diferencia de nuestro trabajo donde se emplearon novillas de la raza Brahman.

Para efecto de evaluación del protocolo de sincronización, la detección del celo arrojó que el 60% de las hembras sincronizadas manifestaron signos de celo, datos que no concuerdan con lo observado por Cutaia (2006), quien utilizando vacas lecheras en producción registró porcentajes de sincronización de celo inferiores a los obtenidos en este ensayo, mas sin embargo resultados superiores podrían alcanzarse cuando el protocolo se administra correctamente, la condición corporal y el nivel nutricional de los semovientes son los óptimos; obteniéndose tasas de sincronización del 80 al 90% según reporta ABS, (2009).

TABLA III: DIAGNOSTICO DE PREÑEZ EN NOVILLAS TRATADAS

VACA	DETECCIÓN DE CELO	OBSERVACIÓN ECOGRÁFICA DE LA OVULACIÓN	DIAGNÓSTICO DE PREÑEZ 30 DÍAS POST INSEMINACIÓN	DIAGNÓSTICO DE PREÑEZ 45 DÍAS POST INSEMINACIÓN
1	+	+	Preñada	Vacía
2	-	+	Preñada	Preñada
3	+	+	Preñada	Vacía
4	-	+	Preñada	Preñada
5	+	-	Vacía	Vacía
6	-	+	Preñada	Preñada
7	-	-	Vacía	Vacía
8	+	+	Preñada	Vacía
9	+	+	Preñada	Preñada
10	+	+	Preñada	Preñada
%			80%	50%

La ovulación fue otro parámetro a evaluar dentro del ensayo (tabla No.3), encontrándose resultados de un 80% de sincronización, mas sin embargo este evento no mantuvo relación con respecto a la detección de celo. Esta afirmación concuerda con lo expuesto por Matthew (2009), quien estudio la relación celo versus ovulación en vacas lecheras, concluyendo que el momento de la ovulación está más que todo influido por eventos hormonales, como son el pico de la hormona LH, que con el momento de la expresión de celo.

En este estudio igualmente se realizaron otras observaciones ecográficas con el fin de diagnosticar preñez en las hembras tratadas. Para la evaluación ecográfica efectuada a los 30 días post inseminación, su mayor impacto consistió en la

realización de una evaluación precoz de la preñez. De acuerdo con Galindo (2011), la mortalidad embrionaria está definida como la pérdida del embrión ocurrida entre la fertilización y el periodo final de la diferenciación de estructuras fetales. Este periodo comprende desde el día 1 hasta el día 45, en el estudio se realizó este último diagnóstico de preñez a los 45 días post inseminación con el objetivo de determinar con exactitud aquellas novillas que finalmente quedaron preñadas.

Los resultados del diagnóstico de preñez a los 45 días post inseminación, fueron de un 50% del total de hembras inseminadas (5 de 10). Resultados similares fueron obtenidos por Cutaia (2006) en programas de IATF (desarrollados en rodeos de carne 50% de preñez y del 40 a 45% de preñez en rodeos de leche).

El procedimiento estadístico utilizado en nuestro caso, fue la Tabla de Contingencia en el cual comparamos los resultados de nuestro ensayo con el promedio nacional obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla No.4

TABLA IV: TABLA DE CONTINGENCIA COMPARANDO LOS RESULTADOS DE PREÑEZ OBTENIDOS CON LOS RESULTADOS NACIONALES (PROBABILIDAD DEL 5%).

	Preñadas	Vacías	Totales
Porcentaje nacional	50	50	100/200=50%
Valor esperado	60	35	
Porcentaje del tratamiento	50	50	100/200=50%
Valor esperado	60	35	
Totales	120	70	200

$$(X)^2 = 19.7 \text{ Valor critico}$$

Valor de la tabla $(X)^2$ utilizando 1 grado de libertad con un porcentaje de probabilidad del 5 % ($\alpha = 0.05$)

Valor $(X)^2 = 3.84$

Como el valor critico calculado de $(X)^2$ es mayor que el valor de la tabla ($19.7 > 3.84$), se concluye que existe asociación estadística entre el resultado en cuanto a preñez y el tipo de escenario (porcentaje de preñez nacional versus el porcentaje de preñez del tratamiento). Esta inferencia se hace a nivel de probabilidad del 5% ($\alpha = 0.05$).

Por lo tanto no podemos rechazar la hipótesis nula que nos dice que el porcentaje de preñez obtenido del protocolo utilizado no supero el porcentaje de preñez medio del parámetro nacional. En tal sentido nuestros resultados resultan similares a los porcentajes de preñez a nivel nacional según técnicos del MIDA que los sitúan en el orden del 50%.

En nuestro estudio coincidimos con lo planteado por Juárez (s.f.), quien encontró resultados promedios del 50% de preñez en programas de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), y que los mismos eran influidos por factores que pueden hacer caer la misma hasta valores mínimos cercanos al 32%, entre los cuales se encuentran la categoría animal, condición corporal, calidad del semen empleado y técnico inseminador.

CONCLUSIONES

Al culminar este estudio y basándome en los resultados obtenidos hemos concluido que:

- Con la aplicación del protocolo, se logró una total sincronía de la aparición del celo y posterior ovulación en los animales tratados.
- El examen ultrasonográfico de los ovarios permitió detectar de manera eficiente el momento de la ovulación.
- Se evidenció casos de reabsorción embrionaria entre los 30 y 45 días corroborados por la disminución en los resultados de preñez.
- El protocolo aplicado tuvo una efectividad similar a los obtenidos en los programas de IA, que se desarrollan en nuestro país.

RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la práctica podemos recomendar que:

- Es de vital importancia para iniciar un protocolo de sincronización de celo para IATF, que se realice una adecuada evaluación tanto reproductiva, como de condición corporal del semoviente a ser tratado, con el fin de garantizar una mejor respuesta al protocolo de sincronización y la posterior preñez.
- Para obtener buenos resultados en un programa de IATF; es necesario conocer el historial reproductivo y productivo de las mismas, de manera tal de no ingresar al programa de sincronización de celos aquellas vacas que según la edad aun no han sido preñadas, vacas con problemas de partos, retención de placenta, etc.
- Es de gran importancia para lograr obtener buenos resultados de sincronización y gestación el prestar gran atención a la dosificación y horas de aplicación de las hormonas a utilizar, así como del momento de la IA,.

BIBLIOGRAFÍA

Bavera, A. CR 2000. Ultrasonografía reproductiva en el ganado bovino (en línea). Córdoba, Argentina. Consultado el 30 de enero de 2012. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/ecografia_ultrasonido/39-ultrasonografia_reproductiva_en_bovino.htm.

Becaluba, F. 2007. Métodos de Sincronización de celos en Bovinos (en línea). Consultado el 12 de febrero de 2012. Disponible en: <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-carne/genetica/articulos/metodos-sincronizacion-celos-bovinos-t1678/p0.htm>

Bo, G., Tegli, J.C. 2005. Sincronización de Celos e Inseminación a Tiempo Fijo en Ganado de Carne (en línea). Córdoba- Argentina. Consultado 12 de febrero de 2012. Disponible en http://www.produccion-animal.com/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/41-sincronizacion_celos_ia.pdf.

G. A. Bo. Programas de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo en el ganado bovino en regiones subtropicales y tropicales, conferencia 2002, Universidad Católica de Córdoba. Córdoba, Argentina. Consultado el 4 de diciembre de 2012. Disponible en: www.avpa.ula.ve/gabrielbo.pdf.

Collaguazo, M. 2009. Anatomía y Fisiología de la vaca, (en línea) Artículo de Reproducción. Consultado 19 de enero 2012. Disponible en <http://personal.globered.com/reproduccion/categoria.asp?idcat=23>

Fernández L.1993. Reproducción Aplicada en el Ganado Bovino Lechero, primera edición. Ed. Trillas. México. pp 56-71.

Frandsen, R. 1976. Anatomía y Fisiología de los Animales Domésticos. Trad. V.A. Armer. Segunda edición. Ed. Interamericana S.A. México, D.F. 461 páginas.

Felipe Duran Ramirez, 2007. Manual del Ganadero Actual, Volvamos al Campo. Editorial Grupo Latino, tomo 21 , 229 páginas.

Galindo, B. 2011. Bovinos: muerte embrionaria, muerte fetal, partos prematuros, y terneros nacidos muertos o débiles. Artículo de revista digital. Consultado el 20 de de 2013. Disponible en: <http://www.animalesxxi.com>.

Getty, R. 1982. Anatomía de los animales Domésticos/Quinta Edición/Mayorca-Barcelona/ Casa Editora Salvat.

Guerra, R; Solis Corrales, A; Sandoya, G; de Armas, R. 2011. Producción de embriones In Vitro a partir de Ovocitos Mediante Punción Folicular (OPU-FIV). Revista Actualidad Agropecuaria. 147: 16-18.

Guevara Y. 2005. Evaluación de un tratamiento de Sincronización Estral a Base de GnRH, PGF2 α y GnRH para IATF en Ganado Lechero. Tesis. Ing. Agr. Panamá, Universidad de Panamá- Facultad de Ciencias Agropecuarias. 59 páginas.

Hafez, E., 1989. Reproducción e inseminación artificial en animales. Trad. L. Ocampo, C. García, H. Sumano. Quinta edición. Ed. Interamericana McGraw-Hill, Carolina, USA. p 67 y 152.

Instituto de Reproducción Animal Córdoba IRAC 2008. Fisiología de la Reproducción de la vaca. Disco compacto disponible en www.iracbiogen.com.ar.

Instituto de Reproducción Animal Córdoba IRAC 2008. Sincronización de Celos e Inseminación Artificial, (disco compacto) disponible en: www.iracbiogen.com.ar

Linares t., Díaz T, Chacín F. Ondas foliculares ováricas en vacas brahmán y mestizas (bos indicus x bos taurus), CR 2006, (revista en línea), Venezuela. Consultado el 30 de enero de 2012. Disponible en <http://dialnet.unirioja.es/servlet/oaiart?codigo=2220474>.

Lucas Cutaia, 2006. IATF una herramienta para el mejoramiento genético (en línea) Córdoba Argentina. Consultado el 10 de abril de 2013. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial_a_tiempo_fijo.pdf.

MacDonald, 1981. Reproducción y endocrinología veterinaria. Trad. G. Guerrero. Segunda edición. Ed. Interamericana, S.A. México, D.F. p 255

Manual de MERCK de Veterinaria 2007 Cynthia M. Edición Especial, Océano-Sexta edición 1,361 páginas.

Matthew C. Lucy, 2009. Celo: Biología Básica y mejoramiento de la detección (en línea) Buenos Aires. Consultado el 10 de abril de 2013. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/161-celo_biologia.pdf

Noakes, D.E 1997. Fertilidad y obstetricia del ganado vacuno. Ed. Acribia, Zaragoza, España. p-p 4-7. 13-15 y 31.

Palma, G. 2008 Biotecnología de la reproducción/edición mar del Plata, 2da edición, Reprobiofec, 669 páginas.

Pérez M.; Rodríguez A.; Dorado M.; 2002. Dinámica Folicular Ovárica en Vacas Repetidoras: Estudio Ecográfico y Perfil de Progesterona (en línea). Universidad de Córdoba- España. Consultado el 12 de febrero de 2012. Disponible en <http://www.engormix.com/ganaderia-carne/genetica/dinamica-folicular-ovarica-vacas-.htm>.

Poveda C. 2007. Evaluación de dos Tratamientos para sincronizar celo en ovejas pelibuey primíparas y multíparas durante la estación lluviosa, David – Panamá, Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Ptaszynska, M. CR 2007. Compendium de reproducción animal de Intervet (9ª. Edición) (en línea). Sinervia Uruguay/Paraguay. Consultado el 10 de enero de 2012. Disponible en <http://www.sinervia.com/CompendioReproduccion%20Animal%20Intervet.pdf>

Sisson, S. JD Crossman, 1977. Anatomía de los Animales Domésticos, Cuarta Edición. Ed.Salvat, Barcelo Madrid , 1335 páginas.

Solis A. 2006. Estudio de Dinámica Folicular Mediante Ultrasonografía en Novillas F1 Simental x Brahman. Tesis. MSc. Panamá, Universidad de Panamá- Facultad de Ciencias Agropecuarias. 72 páginas.

Solis, A; Guerra, R; Sandoya, G; de Armas, R. 2011. Aspiración Folicular Transvaginal Guiada por Ecografía en el Bovino. Revista Actualidad Agropecuaria 147: 24- 26.

Thomazi, Soliani; Pinto Neto, Adalgiza 2009. Dinamica ovárica y concentración de progesterona en vacas nelore sometidas a IATF (en línea). Consultado el 15 de enero de 2013. Disponible en <http://bases.bireme.br/cgi-bin>.

Universidad de Panamá- Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2010 Anatomía del Aparato Reproductor de la Hembra (diapositivas) Neftaly Aparicio, 55 diapositivas.

Universidad de Panamá- Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2010 Tratamientos de Sincronización de Celos (diapositivas) Neftaly Aparicio, 133 diapositivas.

Urbina, A. 2009. Ultrasonografía aplicada a la reproducción y producción de rumiantes (en línea), Bogotá Colombia. Consultado el 30 de enero de 2012. Disponible en <http://ruminantultrasound.blogspot.com/2009>

Urroz, C. 2000. Anatomía y fisiología animal. Ed. Universidad estatal a distancia. San José, Costa Rica. p-p 200-204.

Villavicencio y Méndez Crecimiento folicular ovárico en animales domésticos, CR Febrero 2007. (en línea), México. Consultado 19 de febrero 2012. Disponible en http://www.interciencia.org/v32_02/93.pdf

Wikipedia, la enciclopedia libre, modificada el 13 de julio de 2011. Artículo Folículo ovárico y ovogénesis femenina. (en línea). Consultado 19 de febrero 2012. Disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Fol%C3%ADculo_ov%C3%A1rico

Wikipedia, la enciclopedia libre, modificada el 13 de julio de 2011. Artículo hormona luteinizante. (en línea). Consultado el 30 de enero de 2012. Disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Hormona_luteinizante.