



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA ZOOTÉCNICA

**“INDUCCIÓN Y SINCRONIZACIÓN DEL CELO CON IMPLANTE
INTRAVAGINAL (CIDR) MÁS ESTRÓGENO Y PROSTAGLANDINA F₂ α EN
VACAS HOLSTEIN FRIESIAN MESTIZAS”**

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del título de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

AUTOR

CÉSAR JULIO RAMÍREZ TAYUPANDA

RIOBAMBA-ECUADOR

2006

Esta Tesis fue aprobada por el siguiente Tribunal:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. M.Sc. Edgar Hernández
DIRECTOR

Ing. M.C. José Pazmiño
BIOMETRISTA

Ing. M.C. Fabián Arévalo
ASESOR

Fecha: _____

I. INTRODUCCIÓN

La actual situación económica de la ganadería mundial exige a los productores máxima eficiencia para garantizar el retorno económico. En este contexto, la optimización de la eficiencia reproductiva es uno de los principales factores que contribuyen para mejorar la performance productiva y las ganancias de las empresas ganaderas. Un hecho notable en la cría del ganado lo constituye el gran avance logrado en los últimos tiempos en el control de la reproducción. La sincronización o concentración de los celos de un grupo de hembras en 2 o 3 días, es uno de los importantes adelantos en el control del ciclo estral. Esta técnica está destinada a prestar un fundamental apoyo a la inseminación artificial, pues son técnicas viables para acelerar el avance genético y el retorno económico de la ganadería.

La detección de signos de estro para realizar programas de inseminación artificial con ganado lechero han sido un problema notable, cabe señalar a lo largo del tiempo se han demostrado que existen importantes diferencias con respecto a la expresión de estro *Bos Taurus* y *Bos Indicus* en el trópico tanto en su duración como en su intensidad, ocasionando dificultad en la detección de los signos de estro. Los recientes hallazgos en el área de endocrinología, han contribuido a un mejor conocimiento de los mecanismos fisiológicos que controlan la función reproductiva del ciclo estral en los bovinos.

Sin lugar a duda uno de los mejores logros en la actualidad en la reproducción bovina, ha sido la disponibilidad comercial de sincronizadores de celo muy útiles en nuestras ganaderías. En algunas ocasiones por el desconocimiento de estas biotecnologías se han producido pérdidas; por la no detección de celo, problemas post-parto, quistes, elevados días abiertos y falta de concepción. Una solución efectiva a este problema es la sincronización de celos. Este sistema es completamente efectivo al inducir una nueva onda folicular y presentación de un cuerpo lúteo para obtener un celo de buena calidad. Por el desconocimiento y falta de buenos técnicos, esta tecnología es subutilizado en nuestro país, con la

cual se pretende mejorar la eficiencia de las empresas ganaderas, por lo que para la presente investigación, se plantearon los siguientes objetivos:

- Determinar el efecto del implante intravaginal (CIDR) más estrógeno, y la prostaglandina F2 α , en la inducción y sincronización del estro de vacas Holstein Friesian Mestizas.
- Evaluar los parámetros reproductivos de vacas Holstein Friesian Mestizas, bajo la inducción y sincronización del estro con el implante intravaginal (CIDR) más estrógeno y prostaglandina F2 α .
- Conocer el tratamiento que permita eficacia y economía en la inducción y sincronización del estro de vacas Holstein Friesian Mestizas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

A. FISIOLÓGÍA REPRODUCTIVA DE LA VACA

1. Pubertad

Galina, C. y Saltiel, A., (1995), manifiestan que la pubertad es el momento en que las gónadas, ovario o testículo, son capaces de liberar gametos, óvulos o espermatozoides, respectivamente. En la hembra estará asociado en la mayoría de las especies con la presencia de estro y ovulación. Pueden ocurrir una o más ovulaciones “silenciosas” antes que las vaquillas presenten signos evidentes de estro junto con la ovulación.

Hafez, E., (1996), indica que la edad del primer estro varía sobremanera, debido en gran parte a diferencias de raza y rapidez de crecimiento. Baja ingestión de nutrientes, demora en semanas la pubertad en terneras. La edad promedio de la pubertad en vaquillas que reciben la nutrición recomendada fluctúa entre 10 y 12 meses en razas lecheras y entre 11 y 15 en producciones de carne. Las terneras cebú alcanzan la pubertad a la edad de 18 a 24 meses. Sin embargo, las diferencias de raza en la edad de la pubertad no son influenciadas por la nutrición.

Sorensen, A., (1982), dice que existen básicamente dos criterios para determinar la pubertad en el bovino: la presencia del primer cuerpo lúteo o la presentación del primer celo. Con la actual disponibilidad de modernas técnicas para la determinación de hormonas (como es el Radioinmunoensayo), la medición de los niveles de progesterona circulante es un indicador más exacto del inicio de la actividad ovárica.

Ungerfeld, R., (2002), reporta que, en la activación ovárica las principales hormonas que intervienen son: Hormona GnRH (gonadotropina) segregada por el Hipotálamo que es una estructura anatómica estimulada por los efectos fisiológicos y del medio ambiente tales como, temperatura, duración luz/día,

velocidad de crecimiento, peso vivo, estado nutricional, edad, raza y otros; vía portal la hormona GnRH llega a la Hipófisis (Adenohipófisis) para estimular la liberación de las hormonas LH (hormona luteinizante) y FSH (hormona folículo estimulante); estas se dirigen hacia el ovario donde actúan de la siguiente manera: la FSH promueve la formación y maduración del folículo, ocurriendo una proliferación celular y acumulación de líquido rico en estrógenos primera hormona sexual femenina.

Cuando la LH alcanza su máxima concentración en la sangre, sucede la ovulación, durante la cual, y después de ésta la LH promueve un cambio en las células de la granulosa y la teca, las que modifican su forma y se llenan de grasas que les confiere su característico color amarillo (cuerpo lúteo). A medida que las células siguen creciendo, producen la segunda hormona sexual femenina, la progesterona, la cual exhibe altos niveles en la sangre, lo que nos sirve para la cuantificación de los valores plasmáticos y así ser analizada la función ovárica. En el neonato los niveles de ésta son muy bajos; más tarde aumentan, seguidos por las máximas elevaciones de LH, al acercarse la pubertad.

Durante el período prepuberal y la pubertad, la vaquilla exhibe un cambio en el nivel de LH. Ocurre una primera elevación de LH unos 10 días antes del celo (prepuberal), y luego otra, de aproximadamente la misma magnitud, durante el estro. El ascenso del nivel es necesario para la ovulación; hasta donde se sabe, el primer pico sólo es clasificable como preparatorio.

Ungerfeld, R., (2002), monitoreo vaquillonas durante un período que comenzó aproximadamente 12 semanas antes de la primera ovulación, y continuó durante el período inmediato posterior a la ovulación. Al igual que en las vacas post parto el primer ciclo ovulatorio fue corto (7.7 días) debido a que el CL fue más pequeño y de vida más corta que en los ciclos subsiguientes. El segundo intervalo interovulatorio fue de duración normal (20,3 días) y estuvo compuesto por 2 (3) ó 3 (n=7) ondas foliculares. Las concentraciones medias de estradiol, de LH y la frecuencia de los pulsos de LH se incrementaron a medida que se aproximó la

primera ovulación. No sucedió lo mismo con las concentraciones de FSH, cuyos picos estuvieron relacionados con la emergencia de ondas foliculares.

2. Formación de los folículos germinales de la vaca

a. Dinámica folicular durante el ciclo estral

Ungerfeld, R., (2002), manifiesta que las características del desarrollo folicular en los ciclos estrales de 2 y 3 ondas se involucra el desarrollo sincrónico de un grupo de folículos individualmente identificables a partir de un diámetro de 4 mm, que ocurre al mismo tiempo en los dos ovarios.

Una onda de crecimiento folicular involucra el desarrollo sincrónico de un grupo de folículos y está caracterizado por el desarrollo de un gran folículo, llamado folículo dominante y varios folículos subordinados; el folículo dominante será anovulatorio si ocurre durante la fase luteal y ovulará si ocurre en la fase folicular. La presencia de 2 ó 3 ondas foliculares en un animal se relaciona directamente con el tipo de ciclo que tiene, animales con ciclo cortos normales (18 – 20 días) presentarán 2 ondas de desarrollo folicular y animales con ciclos largos normales (21 – 24 días) presentarán 3 ondas de desarrollo folicular.

Ungerfeld, R., (2002), indica que han encontrado que algunos animales *Bos indicus* pueden tener ciclos con 4 ondas. En este caso la cuarta onda comienza el día 20 ó 21 y el ciclo estral dura 24 a 25 días. Para el patrón de 2 ondas, la primera onda comienza en promedio el día de la ovulación y la segunda onda entre los días 10 – 11. para el patrón de 3 ondas, la primera aparece el día 1° del ciclo, la segunda se da alrededor del día 8 – 9 y la tercera alrededor del día 16 del ciclo. En cualquiera de los casos la última onda es la ovulación.

b. Endocrinología de la dinámica folicular

Ungerfeld, R., (2002), indica que el mecanismo que regula la dinámica folicular está basado en respuestas diferenciales a la FSH (Hormona Folículo Estimulante)

y a la LH (Hormona Luteinizante). Los aumentos periódicos de concentraciones de FSH circulantes son responsables de las emergencias de las ondas foliculares, por lo tanto las vacas con 2 ondas tiene 2 aumentos y las de 3 ondas 3 aumentos de FSH.

La FSH es suprimida por la retroalimentación negativa de los folículos en crecimiento (principalmente estradiol e inhibina) previniendo la emergencia de una nueva onda. El aumento de la FSH permite el crecimiento folicular suficiente para que algunos (no todos) los folículos adquieren la capacidad de responder a la LH. El folículo destinado a ser dominante aparentemente tiene más receptores LH, ventaja competitiva sobre los otros folículos destinados a ser subordinados, que le permite sobrevivir sin FSH. La expresión de un mayor número de receptores de LH y la necesidad de menores concentraciones de FSH en el folículo dominante pero no en los folículos subordinados permite al folículo dominante expresar y mantener la dominancia.

3. Ovulación

Hernández, J. et. al., (2001), manifiestan que existen varias hipótesis relacionadas con la ovulación desde las más antiguas, de tipo mecánica o física, pasando por la nerviosa hasta las que dedican una atención especial a los procesos de tipo enzimático. No obstante, se han demostrado determinados pasos o eventos fisiológicos que pueden explicar lo esencial de este complejo proceso, lo que se puede resumir del siguiente modo:

- Aumento de la vascularización de toda la pared folicular, excepto en el ápice del mismo donde se produce una zona avascular, representando el lugar por donde se romperá el folículo.
- Disociación de las células de la membrana granulosa, lo que se traduce o expresa en un adelgazamiento notable del grosor de la pared folicular.
- Disociación también de las células que conforman el cumulus oophorus liberándose el ovocito del macizo celular ovígero.

- La vascularización folicular preovulatoria condiciona los cambios edemáticos en la teca externa y con ello se afecta la cohesión celular de la misma. Participa además una fuerte acción enzimática (colagenasa y plasmina) que destruye la elasticidad del folículo, representada fundamentalmente por la teca externa.
- En el ápice del folículo, aparecen las células epiteliales, los lisosomas que con su hidrolasa destruyen las células de la túnica albugínea y las de la teca folicular.
- La pared folicular se prolapsa cónicamente produciéndose determinados abombamientos conocidos comúnmente como estigma de ovulación, lugar por donde se romperá la pared folicular.
- Poco antes de la ovulación los niveles de $\text{PGF}_2 \alpha$ y de PGE_2 aumentan notablemente, participando en la contracción ovárica y folicular por lo que se produce la expulsión del ovocito. En este momento participan también las enzimas que destruyen la cohesión de las fibras colágenas.

Se ha comprobado por varios investigadores que los bloqueadores de la producción de $\text{PGF}_2 \alpha$ (inhibidores de su secreción como la indometacina y el ácido acetil salicílico) retardan o impiden la ovulación en este mismo sentido se ha citado a la adrenalina.

Contrariamente, la cópula adelanta la ovulación varias horas, quizás esto se produzca por la descarga de oxitocina provocada por el reflejo cruzado de Ferguson, de modo que la oxitocina estimularía la producción de la cascada de $\text{PGF}_2 \alpha$ la cual aceleraría el proceso a causa de la contracción de la pared folicular. Es ciencia constituida la importancia de la gonadotropina LH en el proceso de la ovulación, la descarga preovulatoria de esta hormona está provocada por los niveles máximos de E_2 un día antes del celo lo que da lugar a que en el inicio del celo, comienza también la descarga de LH, la cual alcanza su valor máximo de 6-10 horas más tarde. Después de la onda preovulatoria, no se detectan pulsos de LH durante 6-12 horas.

Espinoza, F., (1992), comprobó que los niveles de P4 altos durante el periodo estral bloquean la liberación de LH con lo cual la duración del estro se prolonga, deprimiéndose las manifestaciones de este; así mismo comprobó que la ovulación demoraba más que lo esperado, lo que influyó significativamente en la fertilidad, de modo que las hembras (novillas) que presentaron los niveles de P4 suprabasales durante el estro, solamente se fecundaron en el orden del 46 %, mientras que las que presentaron niveles bajos de P4 (0,45-0,5 nmol / L) durante el celo mostraron una fertilidad elevada, es decir, se gestaron el 90 %.

Ungerfeld, R., (2002), indica que paralelamente a la caída de la progesterona se incrementa la frecuencia de pulsos de la LH, al tiempo que se elevan sus niveles basales hasta ser 20 a 80 veces mayores que los niveles basales durante un período de 6 – 12 horas, lo que se conoce como el pico de LH.

El proceso ovulatorio se desencadena a partir del mismo, determinándose el estallido del folículo preovulatorio y la liberación del ovocito. La ovulación, en especies como la vaca, oveja y cabra se produce unas 24 a 30 hs luego de iniciado el celo. En las especies de ovulación espontánea (vaca, oveja, cabra, yegua), la caída de la progesterona determina que se produzca una retroalimentación positiva entre la GnRH y la LH por un lado y los estrógenos por otro. Es decir, que ante cada pulso de GnRH la hipófisis responde con un pulso de LH; y el folículo responde a la LH secretando estrógenos.

Los estrógenos determinan que se produzca rápidamente un nuevo pulso de LH, el que inducirá un nuevo incremento de estrógenos. A su vez, el estradiol incrementa la sensibilidad de la hipófisis al GnRH, de forma que finalmente se produce una descarga masiva de LH: el pico de LH. Actualmente se considera que los estrógenos ejercen su efecto estimulador en ambos niveles, tanto en el hipotálamo, estimulando la secreción de GnRH, como en la hipófisis, estimulando directamente la secreción de LH. Finalmente, el pico de LH determina la ruptura y luteinización del folículo, de forma que caen los niveles de estrógenos.

Por tanto, el propio folículo es el que desencadena los mecanismos que lo destruirán (o sea, la ovulación). El hecho de que la progesterona sea capaz de inhibir la aparición del pico de LH al impedir que se desencadene el mecanismo de retroalimentación positiva GnRH-LH-estrógenos es importante para comprender el fundamento de las técnicas de sincronización de celos que utilizan progestinas (sustancias de acción similar a la progesterona).

4. Regulación neuro-endocrina de los procesos reproductivos

a. Eje hipotálamo-hipofisario, hormona liberadora de gonadotrofinas (GnRH)

Ungerfeld, R., (2002), dice que el eje hipotálamo-hipofisario está constituido por neuronas neurosecretoras localizadas en el hipotálamo, la glándula hipófisis o pituitaria y las glándulas y órganos blanco que se encuentran bajo su control.

Debido a su estructura y función, este eje representa la conexión entre el sistema nervioso y el sistema endocrino.

La interrelación entre los sistemas nervioso y endocrino se realiza mediante mediadores hormonales y puede ser entendido fácilmente si nos referimos al eje hipotálamo-hipofisario-gonadal. Hoy sabemos que este sistema es regulado por una hormona de naturaleza peptídica, denominada GnRH (Hormona Liberadora de Gonadotrofinas) que es sintetizada por neuronas hipotalámicas y liberada a los vasos porta hipofisarios por donde llega a la hipófisis para estimular la secreción a la circulación general de dos hormonas hipofisarias: LH (Hormona Luteinizante) y FSH (Hormona Folículo Estimulante).

Estas dos hormonas, de naturaleza peptídica, son denominadas gonadotrofinas ya que su órgano blanco son las gonadas en las que estimulan la gametogénesis y la liberación de esteroides gonadales. Estos esteroides a su vez regulan tanto la función hipotalámica como la hipofisaria cerrando el circuito de este eje.

b. Hipófisis y gonadotrofinas

Ungerfeld, R., (2002), manifiesta que la hipófisis es la principal glándula endocrina, y se la considera como el comando del sistema hormonal de los organismos. Tiene 2 grandes regiones: el lóbulo anterior (adenohipófisis) y el posterior (neurohipófisis).

En los mamíferos el lóbulo anterior no contiene fibras nerviosas, no tiene contacto neural directo con el hipotálamo, comunicándose a través de un sistema vascular, el sistema porta hipotálamo-hipofisario. El lóbulo posterior está compuesto por tejido neural y se conecta con el hipotálamo por neuronas que comunican a través del pedúnculo hipotálamo-hipofisario. Entre los lóbulos anterior y posterior existe una pequeña división del lóbulo anterior, la pars intermedia.

Las principales hormonas vinculadas directamente con la reproducción secretadas por:

(1) La adenohipófisis:

- PROLACTINA
- FSH
- LH

(2) La neurohipófisis:

- OXITOCINA (que a pesar de ser producida por neuronas cuyo cuerpo está localizado en el hipotálamo, es liberada desde la neurohipófisis).

(1) Prolactina

Ungerfeld, R., (2002), dice que la prolactina (PRL) es una hormona proteica, formada por una cadena polipeptídica simple de 198 aminoácidos en el humano, bovino y ovino. La PRL bovina es prácticamente idéntica a la ovina, con pequeñas

diferencias en la estructura de aminoácidos. El peso molecular de la PRL es de aproximadamente 22.500.

Históricamente se consideraba que solamente existía una regulación inhibitoria del hipotálamo sobre la secreción hipofisaria de PRL, pero en los últimos años se ha determinado la existencia de varios factores, tanto estimuladores como inhibidores. De todas formas, la mayor influencia del hipotálamo es inhibitoria.

La integridad del vínculo hipotálamo-hipofisario es necesario para que los niveles de PRL se mantengan normales; de verse afectada la misma se incrementan notoriamente las concentraciones sanguíneas de PRL. Se ha demostrado la existencia de varios factores inhibidores, aunque, como históricamente no se los había identificado, se los agrupaba bajo el nombre de factor inhibitorio de la PRL (PIF). Actualmente sabemos que el principal factor inhibitorio son las catecolaminas, principalmente la dopamina, aunque también el ácido γ -amino butírico, la somatostatina y el GAP ejercen un papel inhibitorio.

La dopamina es el inhibidor más potente de la secreción de PRL. Las neuronas que contienen dopamina tienen sus cuerpos celulares en el núcleo arcuato, con pequeños axones que terminan en la eminencia media. Similarmente a las neuronas secretoras de GnRH, las neuronas dopaminérgicas proyectan a la eminencia media, donde las terminales están en estrecho contacto con las vesículas portales. Luego de estimular a las neuronas dopaminérgicas es posible detectar importantes cantidades de dopamina en la sangre del sistema porta hipotálamo-hipofisario, mucho mayores que las que se encuentran en la circulación sistemática. Es transportada a la hipófisis donde actúa sobre las células lactotropas inhibiendo la secreción de PRL. La concentración de dopamina en el sistema porta hipotálamo-hipofisario es inversamente proporcional a la concentración de PRL observada en sangre periférica.

Existen varios factores hipotalámicos que estimulan la secreción de PRL, estando claramente demostrado este efecto por la serotonina, la hormona liberadora de

tiotropina o tiroliberina (TRH, un tripéptido, pGlu-His-Pro-NH₂) y el péptido vasoactivo intestinal.

(2) Gonadotrofinas hipofisarias

Ungerfeld, R., (2002), manifiesta que las gonadotrofinas, como su nombre lo indica, juegan un rol fundamental en la estimulación de las gonadas; son los principales mediadores del sistema nervioso central sobre las actividades endocrinas y gametogénicas de las gonadas.

Las células de la hipófisis anterior que secretan gonadotrofinas son conocidas como gonadotropos, siendo células identificables como basófilas. La LH y la FSH pueden estar presentes en la misma célula.

La **LH**, la **FSH** y la **TSH** son glicoproteínas con un peso molecular de alrededor de 30.000; están formadas por dos subunidades proteicas diferentes llamadas α y β . Ambas cadenas peptídicas están unidas por puentes de hidrógeno y Fuerzas de Van der Waals. Para una misma especie, la subunidad α es idéntica entre estas tres hormonas, estando codificada por un mismo gen.

La subunidad β es específica de cada hormona en cada especie, y está codificada por diferentes genes. Por tanto, es la subunidad determinante de la actividad de la actividad biológica de la hormona (Pierce y Parsons, 1981). La cadena de la subunidad α humana (h) de la hFSH, hLH y hTSH está formada por 89 aminoácidos y 2 cadenas de carbohidratos complejos. La subunidad β de la hFSH contiene 115 aminoácidos y 2 cadenas de carbohidratos, mientras que la de la hLH tiene igual cantidad de aminoácidos pero sólo una cadena de carbohidratos. De todas formas, de los 115 aminoácidos de las subunidades β de estas hormonas sólo 7 son idénticos.

Las subunidades aisladas no tienen ninguna o tienen muy poca actividad biológica, aunque esto no tiene importancia biológica ya que no son liberadas sueltas al torrente circulatorio bajo condiciones normales.

Existen diferencias en la estructura de los carbohidratos que generan diferentes isoformas de cada hormona. Se han descrito diferentes isoformas de la FSH, que predominan en diferentes momentos del ciclo estral, teniendo diferente potencia biológica cada una de ellas.

Dado que la FSH y la LH son sintetizadas en las mismas células parece obvio que la diferencia en la regulación de su síntesis está dada en la secreción de la subunidad β de cada una de ellas. Mientras que los retrocontroles de las gónadas (esteroides: estradiol, progesterona; proteínas: inhivina, activina, folistatina) sobre la FSH actúan primariamente a nivel hipofisario, la mayoría de los retrocontroles sobre la LH se efectúan primariamente a nivel hipofisario, la mayoría de los retrocontroles sobre la LH se efectúan a nivel hipotalámico, modulando la liberación de GnRH.

(3) Oxitocina

Ungerfeld, R., (2002), dice que la neurohipófisis libera dos hormonas: la oxitocina y la hormona antidiurética (ADH o vasopresina). Las dos hormonas son sintetizadas en neuronas localizadas en los núcleos paraventricular y supraóptico del hipotálamo. Las neuronas que sintetizan oxitocina y ADH no son las mismas, aunque están localizadas en los mismos núcleos. La importancia relativa de cada uno de los núcleos, dada por la cantidad de células secretoras de la hormona en cada uno de ellos, presenta importantes variaciones entre especies.

Ramírez, J., (2004), dice que una vez que la hormona es sintetizada, es transportada a la neurohipófisis a través del fluido axoplásmico de fibras amielínicas de pequeño diámetro.

Las fibras que provienen del núcleo paraventricular rodean el fórnix, pasando por las cercanías del núcleo supraóptico, en donde se mezclan con las fibras provenientes de éste. Rodean el quiasma óptico, cruzan la lámina externa de la eminencia media, de donde se dirigen a la neurohipófisis. Los axones terminan en la neurohipófisis, junto a capilares fenestrados, en donde vuelcan su producto

Ungerfeld, R., (2002), manifiesta que también se ha detectado la presencia de oxitocina en otras áreas cerebrales actuando como neurotransmisor o neuromodulador, regulando otras funciones fisiológicas (vinculadas a las funciones autónomas).

También el ovario, específicamente el cuerpo lúteo de la oveja y de la mujer, y el testículo, son capaces de secretar oxitocina.

Ambas hormonas fueron los primeros neuropéptidos cuya estructura fue secuenciada y sintetizada. Son nonapéptidos, con 7 aminoácidos idénticos entre ambas y un puente disulfuro uniendo las posiciones 1 y 6.

La oxitocina es clivada a partir de un precursor de mayor peso molecular, y en los gránulos neurosecretorios se asocia con una proteína transportadora específica (neurofisina).

La liberación de estas hormonas ocurre como resultado de la estimulación de los cuerpos celulares nerviosos localizados en el hipotálamo.

Los períodos de máxima liberación de oxitocina son el parto y la succión durante la lactancia o el ordeño. Una vez liberada, su efecto es producido rápidamente, ya que su vida media es de alrededor de un minuto y medio.

Fernández, A., (1981), manifiesta que la oxitocina no requiere de hormona liberadora de esta sustancia y lo hace por respuesta a estímulos del becerro para la bajada de la leche, contracción del miometrio en el parto, en el acto del coito, etc.

En la práctica, el incremento de adrenalina (asustar las vacas, aporrearlas, correrlas, echarles el perro) inhibe la producción de la oxitocina que actúa sobre los alvéolos y células en cista, y no baja la leche.

c. Hormonas gonadales y otras hormonas vinculadas a la reproducción

Ungerfeld, R., (2002), indica que las principales hormonas producidas por los testículos y los ovarios-progestinas, andrógenos, estrógenos, inhibina - así como otras hormonas secretadas por otros órganos pero cuya acción principal se vincula con la reproducción: prostaglandinas de origen uterino, melatonina, relaxina y lactógenos placentarios.

(1) Esteroides gonadales

Ungerfeld, R., (2002), indica que los esteroides son aquellas moléculas derivadas del colesterol. Este es un lípido derivado del acetato producido en muchos tejidos del organismo, que además de ser sustrato para la esteroidogénesis, tiene un importante rol estructural.

Las hormonas esteroideas más comunes son designadas por nombres simplificadas, e.g. estradiol, testosterona, etc.

(2) Estrógenos

Ungerfeld, R., (2002), indica que en animales no preñados los estrógenos son secretados por folículos antrales, mientras que en los preñados son secretados fundamentalmente por la unidad feto-placentaria. De acuerdo a una relación de volumen, los estrógenos son biológicamente más potentes que los otros esteroides. Las células tecaes de los folículos en crecimiento sintetizan básicamente andrógenos y algo de estrógenos, estando dicha conversión regulada fundamentalmente por la LH. Las células granulosas del folículo en crecimiento tienen las enzimas necesarias para aromatizar los andrógenos a estrógenos. La mayoría de los andrógenos sintetizados en la célula tecal son convertidos a estrógenos por las células de la granulosa, lo que es regulado fundamentalmente por la FSH. En el folículo preovulatorio las células de la granulosa adquieren receptores para la LH, y durante el pico peovulatorio de LH la granulosa es convertida en células sintetizadoras de progesterona.

Las gonadas fetales de la yegua preñada y la placenta producen 2 estrógenos específicos de la preñez de los equinos: equilina y equilinina, ambos con anillos fenólicos.

Muchas respuestas tisulares importantes son estimuladas por estrógenos:

- Promueve el crecimiento de las glándulas endometriales.
- Estimulan el crecimiento de los ductos de la glándula mamaria.
- Estimulan la actividad secretoria en el oviducto.
- Estimulan la receptividad sexual.
- Frenan el crecimiento de los huesos largos.
- Promueven el anabolismo proteico.
- Tienen actividad epitelio-trófica.
- Regulan la secreción gonadotrófica.
- Estimulan el inicio de la secreción de prostaglandina.

(3) Progesterona

Ungerfeld, R., (2002), indica que la progesterona -como su nombre lo indica, la hormona de la preñez- es la principal secreción del cuerpo lúteo. En especies como los primates, ovinos y equinos la progesterona también es secretada por la unidad feto-placentaria en cantidades suficientes como para no ser necesaria la presencia del cuerpo lúteo a partir de la mitad de la gestación. La progesterona induce muchas respuestas, entre las que están:

- Estimular la hipertrofia de las glándulas endometriales.
- Estimular el crecimiento alveolar de las glándulas mamarias.
- Estimular la actividad secretoria del oviducto y de las glándulas endometriales.
- Estimular el comportamiento estral fuera del período normal en algunas especies (oveja y perra) en combinación con estrógenos.
- Bloquear la motilidad uterina.
- Regular la secreción de gonadotrofinas.

Los efectos de la progesterona se producen comúnmente en sinergismo con los estrógenos.

Al igual que ocurría con la prostaglandinas, la progesterona natural tiene una vida media muy corta (entre 3 y 4 minutos), lo que implica la necesidad de utilizar altas dosis; la alternativa es usar análogos que, sin producir efectos secundarios, precisan dosis mucho menores. En el primer caso, el de la progesterona natural, tenemos el denominado PRID (dispositivo intravaginal de liberación de progesterona; dosis de 1.55 g); en cuanto a los análogos, estos suelen aplicarse bajo la forma de implantes subcutáneos (dosis de 3 mg).

Estos productos actúan como un cuerpo lúteo exógeno, inhibiendo la secreción de gonadotropinas y, por tanto, el desarrollo folicular. Al cesar este bloqueo progesterónico se producirá la liberación de las gonadotropinas y el inicio de un ciclo fértil.

(4) Aplicaciones zootécnicas

La sincronización de celos es una práctica de gran interés tanto para el ganadero como para el veterinario, aunque, lógicamente, los motivos no sean los mismos.

De los distintos sistemas actuales para sincronización de celos uno de los más completos y flexibles es el basado en el uso de progestágenos en forma de implante subcutáneo. Al mismo tiempo que se coloca este implante se administra una inyección del mismo compuesto de modo que se asegura la adquisición de los niveles de progestágeno en el animal desde el primer momento (estos niveles los asegura el inyectable hasta que el implante comience a ser absorbido). El progestágeno actuará de modo distinto en función del estado de funcionalidad ovárica en que se halle la vaca:

- Si la hembra se encuentra en actividad cíclica ovárica:

El progestágeno acortará la vida del CL, especialmente si se inyecta al principio del ciclo, y bloqueará la liberación de gonadotropinas por la hipófisis. Al retirar el implante al cabo de 9 ó 10 días dicho bloqueo cesa de forma brusca, presentándose una fase folicular que conducirá al celo y a la ovulación.

➤ Si la hembra se encuentra en reposo ovárico:

El progestágeno prepara la descarga de gonadotropinas y/o aumenta la sensibilidad del tracto reproductor a la acción de estas hormonas, ya sean estas endógenas (liberadas por la hipófisis) o exógenas (administradas por nosotros).

Una vez retirado el implante suelen inyectarse entre 300 y 700 U.I. de PMSG con el fin de completar o sustituir la descarga de gonadotropinas endógenas. La inseminación se realizará, según los casos, a las 48 horas (en novillas) ó a las 56 horas (en el caso de vacas en producción) después de retirar el implante.

Este tratamiento difiere del de la sincronización mediante prostaglandinas en que en este caso se sincroniza realmente el celo; en el caso de las prostaglandinas lo que sincronizamos es la luteolisis.

(5) Inhibina

Ungerfeld, R., (2002), manifiesta que la inhibina es una hormona proteica de origen gonadal que juega un importante rol en la regulación de la secreción de FSH. La principal fuente de inhibina en la hembra es la granulosa de los folículos en crecimiento, y en el macho son las células de Sertoli, homólogas de las de la granulosa del folículo.

En ambos sexos la inhibina provoca un feed-back negativo sobre la síntesis y liberación de FSH. Esto es especialmente importante en la hembra durante la selección de los folículos dominantes, y en el macho durante la espermatogénesis activa, disminuyendo la secreción cuando la producción espermática es continua.

Los patrones de secreción de la inhibina son diferentes entre los sexos porque la producción gamética es diferente, cíclica en la hembra y continua en el macho.

(6) Prostaglandina

Ungerfeld, R., (2002), indica que las prostaglandinas constituyen un grupo de ácidos grasos esenciales polinsaturados de 20 carbonos, con pesos moleculares de 300 a 400. Hay quienes no las consideran hormonas en un sentido estricto, utilizando los términos “parahormona” u “hormona local” para describirlas más adecuadamente. Esto es debido a que las prostaglandinas no son secretadas por ninguna glándula en particular y tienen una vida media muy corta que solo les permite tener acciones locales. Los precursores de la prostaglandinas son ácidos grasos polinsaturados; el ácido araquidónico (ácido 5,8,11,14-eicosatetraenoico) es el precursor de las prostaglandinas que intervienen en los procesos reproductivos. El precursor del mismo es un componente de las membranas en la forma esterificada de los fosfolípidos.

Cuando comienza la síntesis de prostaglandinas el precursor es liberado por la acción de la fosfolipasa. Prácticamente todos los tipos celulares del organismo tienen la capacidad de convertir ácidos grasos en prostaglandinas como respuesta a muchos estímulos diferentes conocidos como activadores de fosfolipasas, e.g. endocrinos, nerviosos, mecánicos y químicos. Las prostaglandinas son clasificadas en cuatro grupos básicos, A, B, E Y F, que difieren en los sustituyentes del anillo de ciclopentano y en los dobles enlaces de la molécula. Son fuertes estimulantes del músculo liso. En general, las prostaglandinas E relajan y las F contraen el músculo liso.

Muchas clases de prostaglandinas se encuentran en diferentes tejidos de mamíferos. Desde el punto de vista reproductivo las prostaglandinas de mayor importancia son la prostaglandina F_{2α} (PGF_{2α}) y la prostaglandina E₂ (PGE₂). La PGF_{2α} es liberada por el útero (en el endometrio desde donde pasa, vía hemática, al ovario, lugar donde ejerce su acción: la luteolisis), y juega un rol importante en regular la vida del cuerpo lúteo en las especies domésticas. La

regresión del cuerpo lúteo (luteólisis) es un evento clave responsable de la ciclicidad ovárica en muchas especies domésticas. A través de histerectomías en la vaca, oveja, cerda, y yegua se ha documentado la importancia de las mismas en la vida del cuerpo lúteo. La remoción del útero en estas especies durante la fase luteal resulta en la prolongación de la actividad luteal. El útero sintetiza $\text{PGF2}\alpha$ que induce la regresión del cuerpo lúteo.

La liberación de $\text{PGF2}\alpha$ es producida en pulsos durante unas horas en ovejas, cerdas cabras, yeguas y vacas. Se propuso que la misma inhibe la secreción de progesterona por parte del cuerpo lúteo evitando la producción de AMP cíclico estimulada por la LH.

También tienen un importante rol en el parto causando luteólisis (caída de la progesterona) en algunas especies e incrementa la contractilidad miométrial que indica la salida del feto.

(7) Sincronización de celos

En realidad consiste en una sincronización de luteolisis; para su correcta realización hay que tener en cuenta cuatro cosas:

- Los animales han de presentar una ciclicidad ovárica normal; esto planteará problemas en el caso de las novillas.
- Para sincronizar a un grupo de animales es necesario realizar dos aplicaciones separadas 10 ó 12 días entre sí (el motivo es que, al recibir la primera dosis, cada animal estará en una fase distinta del ciclo estral).
- Es necesario realizar una doble inseminación, a las 72 y a las 96 horas tras la última inyección, a causa de las variaciones que existen entre animales en cuanto al tiempo que pasa entre la última dosis y la salida en celo (este tiempo puede oscilar entre 3 y 5 días).
- A pesar de seguir correctamente este protocolo siempre hay que esperar que entre un 20 y un 30% de los animales no se sincronizarán.

(8) Inducción del parto/aborto

En realidad la inducción al aborto está casi exclusivamente restringida a los casos de cubrición accidental de novillas demasiado jóvenes. En estos casos puede utilizarse la FG F2 α para terminar con la funcionalidad del CL de gestación.

La administración deberá hacerse entre la semana y los 5 meses de gestación; el aborto se producirá entre los 2 y los 7 días siguientes a la administración. Hay que tener en cuenta que a partir de los 150 días de gestación la placenta es capaz de producir suficiente progesterona como para mantener la gestación sin la ayuda del cuerpo lúteo.

En determinados casos puede ser conveniente planificar el momento del parto. Para esta finalidad, la PG F2 α deberá aplicarse después de los 270 días de gestación; el parto se producirá en 48 horas. No olvidar que con esta práctica, al igual que cuando se induce el parto mediante corticoides, pueden verse aumentadas las posibilidades de padecimiento de retención de placenta.

Además de estas dos indicaciones, entraría igualmente en este apartado la evacuación del útero en los casos de momificación y maceración fetal.

(9) Endometritis

Al tratar el tema de la aplicación de PG F2 α en síndromes metrítricos hay que aclarar dos conceptos: efecto luteolítico y efecto uterotónico.

Al producir la luteolisis lo que conseguimos es que el útero cambie de un ambiente progesterónico (con bajas defensas locales) a un ambiente estrogénico (con defensas locales altas). Por otro lado se habla bastante de la conveniencia de un efecto uterotónico, que ayudaría en el proceso al ayudar a evacuar el contenido. En cuanto a esto hay que tener en cuenta dos cosas: por un lado que el útero tiene una gran capacidad de reabsorción (en el fondo, después del parto no se elimina tanto contenido) y, por otro, que una elevada actividad contráctil a

nivel de musculatura lisa puede acabar afectando al intestino bajo la forma de síndrome cólico.

Después de estas consideraciones, hay que concluir diciendo que, aunque es cierto que un efecto uterotónico puede suponer una cierta ayuda, el efecto realmente terapéutico del uso de las prostaglandinas en la endometritis es la luteolisis.

(10) Quistes ováricos

La PG F2 α puede utilizarse en casos de quistes ováricos de naturaleza puramente luteínica, con el fin de conseguir la luteolisis. Como se ha señalado anteriormente, podemos utilizar la prostaglandina asociada a GnRH para el tratamiento de cualquier tipo de quistes.

(11) Relaxina

Ungerfeld, R., (2002), indica que la relaxina es sintetizada por el cuerpo lúteo de la preñez en cerdas, vacas, y mujeres, y por la unidad feto placentaria en conejas, monas, yeguas y gatas. La relaxina tiene un efecto sinérgico para mantener quiescente el útero durante la gestación. También induce ablandamiento del ligamento interpubiano y del cérvix, todo lo cual permite agrandar el canal de parto y distender el cérvix en el parto. También juega un papel en la disrupción del tejido conectivo de la pared del folículo, lo que facilita su ruptura (ovulación). La relaxina es un polipéptido de 48 aminoácidos (peso molecular = 6000) organizado en dos cadenas unidas por puentes disulfuro a través de cisteínas.

B. CICLO ESTRAL BOVINO

1. Concepto

Ungerfeld, R., (2002), dado que el ciclo estral resulta de la coordinación fundamentalmente de 4 órganos (cerebro, hipófisis, ovarios y útero).

El ciclo estral es un conjunto de eventos que se repiten sucesivamente en el animal no preñado durante todo el año, de acuerdo a la especie de que se trate (especies poliéstricas no estacionales: vaca, cerda). Mientras que en la vaca, la yegua, y la cerda dura alrededor de 21 días, con un rango de 17- 24 días.

Pedroza, D., (1992), dice que es el tiempo que hay entre un calor y la presencia de otro. La duración de éste varía según la edad, el promedio es de 20 días para vaquillas y de 21 para vacas adultas.

Vargas J. (2003), manifiesta que el ciclo estral en los bovinos está presente cada 21 días (en promedio) con un rango de 18 y 24 días estas variaciones se basan de acuerdo a: su raza, nutrición, manejo, medio ambiente, etc.

El ciclo estral se divide en cuatro fases sucesivas y bien diferenciadas denominadas:

- 1. Proestro 2 días
- 2. Estro 1 día
- 3. Metaestro 2 días
- 4. Diestro 16 días

a. Proestro

Ungerfeld, R., (2002), indica que el proestro es el período comprendido entre el comienzo de la luteólisis hasta el inicio del celo. Es el periodo en el que se produce el desarrollo del folículo.

La actividad ovárica durante el proestro se inicia con la regresión del CL correspondiente al ciclo anterior y el consiguiente descenso de los niveles séricos de la progesterona que el CL produce. Por otro lado, comienza el crecimiento del folículo ovulatorio. Durante este periodo el folículo destinado a ovular crece espectacularmente, pasando desde unas dimensiones microscópicas hasta

adquirir la estructura de burbuja que le caracteriza con unas dimensiones de 2 a 2,5 cm de diámetro.

Aunque durante el proestro pueden desarrollarse varios folículos, sólo uno (dos en el caso de gemelos) será seleccionado para ovular. Este folículo dominante se diferencia de los demás en que es estimulado por la hormona FSH para producir estrógenos.

Los estrógenos son producidos por las células que forman la pared del folículo en desarrollo. Las de las capas más externas se denominan células de la teca mientras que las de las capas más interiores se llaman células de la granulosa. Ambos tipos celulares cooperan durante el desarrollo del folículo en la producción de estrógenos: las células de la teca son estimuladas por la LH para producir andrógenos; estos serán convertidos en estrógenos por las células de la granulosa tras haber sido estas estimuladas por la FSH.

b. Estro

Ungerfeld, R., (2002), manifiesta que el celo es un período de aceptación para el apareamiento (receptividad sexual) que normalmente se presenta en novillas pubescentes y vacas no preñadas. Este período de receptividad entre 2 y 30 horas con una duración media de 15 horas. Durante el estro se produce la maduración final del óvulo y del folículo que lo contiene.

La producción continuada de estrógenos por parte del folículo en desarrollo induce a la liberación de LH y FSH por parte de la hipófisis; de este modo se alcanza el nivel de producción máxima de estrógenos a nivel del folículo.

Los altos niveles de estrógenos son los responsables de, además de los cambios de comportamiento que se observan durante el estro, el aumento de las contracciones a nivel del tracto reproductor, facilitando de este modo el transporte de los espermatozoides a través de él.

Los estrógenos también influyen en la cantidad y en la composición de los fluidos que se producen en oviductos, útero, cérvix y vagina. La descarga mucosa de aspecto claro y consistencia filante que se observa durante el estro está producida por el cérvix y, se supone, sirve de ayuda a la migración del espermatozoides a través de esta estructura anatómica de la hembra.

Durante el estro las células de la granulosa liberan también inhibina, una hormona que evita la liberación de FSH por parte de la hipófisis.

Durante el estro se completa el crecimiento del folículo iniciado en el proestro.

El óvulo ya está listo para ser liberado en la ovulación y la vaca entra en el comportamiento típico de celo de modo que puede ser montada. Como a continuación se podrá ir comprobando, para que la fecundación pueda darse, es fundamental que exista una sincronización perfecta entre los cambios endocrinos que permiten que el animal sea receptivo y el momento de la ovulación.

(1) Patrones diarios en los signos de celo

Wattiaux, M., (1998), dice que el comienzo de la actividad de celo sigue diferentes patrones, con la mayoría de la actividad durante las últimas horas de la tarde, a lo largo de la noche, y en las primeras horas de la mañana. Las investigaciones muestran que más del 70% de la actividad de monta toma lugar entre las 7:00 de la noche y las 7:00 de la mañana. De manera de detectar más del 90% de las vacas en celo en el hato, las vacas deben ser observadas cuidadosamente en las primeras horas de la mañana, últimas horas de la tarde, y en intervalos de cuatro a cinco horas durante el día.

c. Metaestro

Ungerfeld, R., (2002), dice que el metaestro, es el período comprendido desde el final del celo (rotura del folículo) hasta la formación del cuerpo lúteo. Durante los 3

días siguientes se desarrollará el CL a partir de las paredes del folículo roto. Es en esta fase del ciclo cuando se libera el óvulo.

Una vez producida la ovulación, las células de la teca y de la granulosa del folículo se hacen sensibles a la LH y, por su estímulo, formarán el cuerpo lúteo o cuerpo amarillo, que empezará a producir progesterona. Esta hormona es la responsable de preparar el útero para la gestación y de inhibir la actividad cíclica estral.

Entre uno y tres días tras el estro es posible encontrar sangre en las descargas procedentes de la vagina; esta sangre no procede del folículo ovulado, sino del útero donde se produjo cuando decrecieron los niveles de estrógenos. Este hallazgo, origen muy frecuente de errores, indica que el estro ya pasó y que, con toda probabilidad, el próximo tendrá lugar en unos 18 a 20 días. Es, por tanto, un signo de utilidad para predecir el próximo celo.

d. Diestro

Wattiaux, M., (1998), manifiesta que el diestro, se prolonga alrededor de 12 a 15 días. Se corresponde con el periodo durante el cual el CL está produciendo progesterona.

Durante esta fase la estructura dominante en el ovario es el CL, el cual se desarrolló a partir principalmente de las células de la granulosa que tapizan la pared del folículo que ha ovulado. La misma hormona, la LH, que produjo la ovulación del folículo es también la responsable de los cambios que se producen en la granulosa y que terminan con la formación del CL; este alcanzará su tamaño máximo a los 8-10 días tras la ovulación. Los niveles de progesterona en la sangre van aumentando de forma paralela al tamaño del CL; los niveles máximos se alcanzan a los 10 días y se mantienen hasta el día 16 ó 18 del ciclo, en el caso de que no exista gestación.

A partir de los días 16 a 18 del ciclo caben dos evoluciones en cuanto al mantenimiento de la función del CL:

Si la vaca no está gestante se producirá la regresión del CL mediante la liberación de prostaglandina $F_{2\text{-alfa}}$ por el útero. Esta sustancia, que es transportada directamente al CL, interfiere con la síntesis de progesterona, descendiendo los niveles sanguíneos de esta hormona. Esta situación permite a la FSH estimular el desarrollo de un nuevo folículo en los siguientes 3 ó 4 días. Conforme madura el folículo van subiendo los niveles de estrógenos, repitiéndose el ciclo.

Por otro lado, si la vaca está gestante, el CL se mantiene, los niveles de progesterona permanecen altos, bloqueándose el reinicio de la actividad cíclica del ovario. La señal para que se mantenga el CL en la hembra gestante se piensa que procede del propio embrión en desarrollo.

Como acabamos de comentar, el mantenimiento de la gestación depende de la presencia del CL que está produciendo progesterona; por otro lado, la permanencia del CL depende de la existencia de un embrión en desarrollo. Cuando se produce la muerte del embrión durante este periodo crítico se prolongará la duración de la fase de diestro; esto explica los ciclos estrales de 25 a 35 días que se observan cuando se produce muerte embrionaria precoz.

C. FECUNDACIÓN

Bearden, H., (1982), el proceso se inicia con la colisión entre el ovocito y el espermatozoide y termina con la fusión de su pronúcleo. La célula diploide resultante que contiene el código genético para un nuevo individuo es el cigoto.

El primer paso en la fertilización incluye la penetración del espermatozoide a través de las células del cúmulo y de la corona radiada que golpea con su cabeza la zona pelúcida.

Dos enzimas ayudan en este paso, la hialuronidasa y las enzimas penetrantes de la corona los dos se asocian con la cabeza del espermatozoide. La liberación de dichas enzimas es posible por la capacitación y la reacción del acrosoma.

Galina, C. y Saltiel, A., (1995), indican que una vez que se ha producido la ovulación, el óvulo sale del ovario hacia el oviducto. La fecundación de este óvulo ocurre específicamente en la zona Ampulla-Isthmus del oviducto.

Galina, C. y Saltiel, A., (1995), después de la fertilización en la porción ampular del oviducto, el cigoto es transportado al útero. Este proceso tarda de 3 a 4 días en la mayoría de los mamíferos. El huevo fecundado pasa alrededor de tres días en el oviducto antes de migrar al útero. Esta migración se produce por contracciones del oviducto y por movimientos de los cilios que recubren su interior. Luego el embrión llega al útero, se implanta 30 días después de la fertilización en vacas, 60 días en yegua y 14-16 días en cerdas y ovejas para posteriormente comenzar su gestación.

D. GESTACIÓN

Bearden, H., (1982), gestación es el período de la preñez. Se inicia con la fertilización y termina con el parto. Existen diferencias tanto individuales como de raza. En las vacas, la gestación es un poco más prolongada cuando éstas producen machos que cuando producen hembras. La gestación es un poco más corta cuando producen gemelos. El período de gestación de la vaca está entre 283 días, con una variación en más o en menos de 12 días (9 meses).

Ungerfeld, R., (2002), el reconocimiento materno de la preñez ocurre entre los días 16 – 19 y días en que se establece el vínculo físico 18-22. El embrión bovino produce varias proteínas entre las que se incluye el INF- τ (interferón τ) y que inhibe la producción de PGF 2α . La vía por la que la PGF 2α llega al ovario, es decir, la que es necesario bloquear, es muy similar a la de la oveja.

El endometrio de la vaca preñada no reacciona a la producción uterina de PGF 2α inducida por el estradiol y oxitocina, debido a que tiene muy bajas concentraciones de receptores de oxitocina los días 14 a 21 comparadas con las que se observa durante el ciclo estral. Además el endometrio gestante bovino produce un inhibidor endometrial de la PG sintetizada (EPSI) que reduce

específicamente la producción de $PGF2\alpha$. Los embriones bovinos también producen $PGE2$ la cual es posible que tenga una función protectora del CL.

Para que la gestación sea posible y el embrión culmine su desarrollo es necesario que existan señales embrionarias para evitar la luteólisis y la disminución de los niveles de progesterona. De no ser suficientemente fuertes las mismas, se desencadenará la luteólisis interrumpiéndose la gestación.

Galina, C. y Saltiel, A., (1995), el feto en las especies domésticas se nutre básicamente de dos fuentes que, en orden cronológico son:

Histótrofe.- O leche uterina se compone de las secreciones de las glándulas endometriales, elementos de descamación o desechos del endometrio y cierta cantidad de sangre materna extravasada.

Este histotrofe es importante para el embrión durante el período de pre-adhesión.

Hemótrofe.- Una vez que se efectúa de adhesión se establece la comunicación entre la madre y el feto mediante las membranas fetales y queda constituida la llamada Unidad Feto-Placenta-Madre. Desde este momento, el feto se nutre directamente de materiales absorbidos de la circulación materna.

E. BIOTECNOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN

1. Sincronización de celo en bovinos

a. Concepto

Vargas, J., (2003), la sincronización del estro involucra el control o manipulación del ciclo estral con el propósito de que las hembras elegidas en un rebaño expresen estro (celo) aproximadamente al mismo tiempo. Es un manejo bastante utilizado en los programas de inseminación artificial y transplante de embriones.

b. Ventajas de la sincronización de celo

Pedroza, D., (1992), dice que la sincronización, presenta las siguientes ventajas:

- (1) Concentración de celos, casi simultáneamente en un período de 2 a 3 días postratamiento.
- (2) Facilita la incorporación de la I.A. en rodeos con alto número de animales.
- (3) Posibilidad de agrupar lotes de partos, para su mejor control.
- (4) Mejorar los índices reproductivos al conseguirse que los animales no pasen mucho tiempo sin ciclar.
- (5) Planificación de la producción: posibilidad de que esta sea constante a lo largo de todo el año. Esto hace que se puedan tener instalaciones con el tamaño justo, lo que repercutirá, a través de un menor coste de amortización, en el coste del litro de leche producida.
- (6) Racionalización del trabajo: se evitan pérdidas de tiempo en inseminaciones, tiempo que se puede emplear en otras actividades.
- (7) Producción de lotes homogéneos en cuanto a craza, edad y peso, lo cual facilita el manejo, la alimentación y la comercialización.
- (8) Uso intensivo, por pocos días, de un toro con monta natural.
- (9) Posibilidad de partir dosis seminales de alto valor.

c. Desventajas de sincronización de celo

Sorensen, A., (1982), presenta las siguientes desventajas:

- (1) Costos iniciales más altos.
- (2) Requiere medios adecuados.
- (3) Incremento de los costos laborales.
- (4) Requiere trabajo experimentado y períodos de manejo intensivo.
- (5) Solamente son posibles de aplicar en vientres receptoras vacías normales con síntomas y signos de actividad ovárica, en buenas condiciones corporales y con un balance energético positivo en la alimentación, que se traduce en ganancia de peso y mejoramiento del estado general.

2. Métodos de sincronización de celo en bovinos

a. Sincronización con progestágenos

Casco, O., (2001), evaluó el efecto de un dispositivo intravaginal que contiene 1.9 g de progesterona y una cápsula de 10 mg de benzoato de estradiol (BE) (CIDR-B®), seguido o no de la aplicación intramuscular de BE, a las 24 horas de retirado el dispositivo, y se observó el porcentaje de estro, ovulación y gestación. Se utilizaron 122 vacas (experimento 1) y 30 novillas (experimento 2) tipo Bos indicus, que fueron asignadas aleatoriamente a tres grupos:

- (1) Grupo ST: 20 vacas y 10 novillas sin tratamiento.
- (2) Grupo CIDR-BE: 51 vacas y 10 novillas con un dispositivo por 10 ó 13 días respectivamente.
- (3) Grupo CIDRB+ E: 51 vacas y 10 novillas con un dispositivo por 10 ó 13 días, además de una inyección a las 24 horas de 1 ó 2 mg de BE.

La detección de estros se realizó mediante la observación visual, haciéndose durante 96 horas después de retirar el CIDR-B, y posteriormente entre los 17 a 24 días posteriores a cada período de servicios, hasta concluir los 90 días que duró el empadre. Las que presentaron estro entre los días 0 a 47 fueron servidas por IA y las que lo presentaron del 48 al 90 por monta natural. En ambos experimentos el grupo CIDR-B+E presentó un alto porcentaje de estro, 92.2 y 90.0% para vacas y novillas, siendo diferente ($p < 0.05$) a los grupos CIDR-B-E (60.8 y 50.0%) y ST (35.0 y 0.0%).

En cuanto a ovulación no hubo diferencias entre grupos ($p > 0.05$), aunque el grupo CIDR-B-E presentó mejores porcentajes, 51.6 y 60.0% contra 28.6 y 30.0% del grupo ST y 36.2 y 30.0% del grupo CIDRB+ E.

La gestación global durante 90 días fue de 25.4% en el experimento 1 y 56.7% en el experimento 2 ($p < 0.05$). A pesar de que las gestaciones obtenidas durante el período de 0-5 días de retirado el CIDR-B y los consecuentes cuatro ciclos

estrales no mostraron diferencia estadística ($p>0.05$), se observó que en todos los grupos ocurrieron en lapsos cercanos al tratamiento, ya que en los dos experimentos un 83.8% y un 82.3% correspondieron a los 0-5 días del retiro del CIDR-B y a los dos siguientes ciclos estrales.

Del estudio se concluye que el estradiol (1 ó 2 mg) indujo la presencia de un mayor número de animales en celo; sin embargo, esto no se tradujo en un mejor índice de ovulación y gestación, aunque habría que considerar otros factores que influyeron en los resultados como la nutrición y el amamantamiento.

b. Sincronización con Prostaglandina F_{2α}

Casco, O., (2001), en su experimento expone que los tratamientos consistieron en la aplicación de PGF_{2α} a los 15 y 25 días post parto (T1 y T2, respectivamente) y su efecto sobre el apareamiento, el animal recibió por vía intramuscular, 5cc de PGF_{2α} y se esperó las señales de estro entre las 24 y 122 horas posteriores a la aplicación de cada tratamiento, se dejó pasar un período estral para proceder a la inseminación artificial.

La presentación de celo en tratamiento 15 – 25 días post parto demostraron celo dentro de las 26 a las 75 horas posteriores a la aplicación de PGF_{2α}, solo una hembra presentó a las 122 horas de la administración del tratamiento. La tasa de concepción de cada tratamiento, de donde se puede anotar, se registró una baja tasa de fertilidad o de gestación con el 30% para T-15 (15 días post parto) y de 20 % para T-25 (25 días post parto). Barba (1992), al probar la efectividad de la PGF_{2α} en torno al ciclo y no al post-parto, registró índices de fertilidad de 71.43 % tomando en cuenta que el lote de hembras fue más homogéneo en edad y número de parto.

King, G. y Robertson, H., (1974), trabajaron sobre vaquillas ciclando para inducir su estro con PGF_{2α} con dos inyecciones con diez días de intervalo entre la primera y la segunda; encontrando que el 83% de los animales manifestaron celo entre 48 y 96 Horas después de la segunda inyección.

c. Sincronización con progestágenos y estrógenos

(1) Sincronización con Norgestomet y Valeriato de Estradiol

Baruselli, P., (2002), los implantes de progestágenos que hay actualmente en el mercado (Crestar, Intervet) contienen 3 mg de norgestomet y son colocados en forma subcutánea en la oreja por un período de 9 ó 10 días. Junto con el implante se coloca una solución oleosa por vía intramuscular que contiene 5 mg de valerato de estradiol (EV, un estrógeno de vida media larga) y 3 mg de norgestomet.

El propósito original de NEV era inducir la luteólisis con el VE y obtener altos niveles inmediatos de progestágeno con los 3 mg de norgestomet. Luego se descubrió que el EV inducía también, a través de la supresión de los folículos presentes, el desarrollo de una nueva onda folicular 3 a 8 días después.

Los trabajos que utilizaron implantes de norgestomet (+NEV) en bovinos demostraron que más del 90 % de los animales manifestaron celo después de retirado el implante, con tasas de concepción (a la IA 12 h pos celo o la IATF 48 a 56 h de sacar el implante) del 33 al 68%. Las tasas de preñez más bajas estuvieron relacionados con un alto porcentaje de animales en anestro y una baja condición corporal. En ganado Bos Indicus se han encontrado resultados satisfactorios en vacas adultas (con o sin cría) pero variables en novillas.

(2) Sincronización con Progestágenos y Prostaglandina F2 α

(a) Sincronización con MGA y PGF

Baruselli, P., (2002), el protocolo se basa en que la combinación de estrógenos y progestágenos (el MGA es un progestágeno de administración oral.) induce la regresión de los folículos antrales presentes en el momento del tratamiento y sincroniza el comienzo de una nueva onda folicular. Por lo tanto, el tratamiento consiste la administración de 0.5 mg/cabeza/día de MGA durante 7 días y la administración de 5 mg de Estradiol- 17 β y 100 mg de P4 por vía intramuscular el

primer día en que se aplica MGA. El último día de administración de MGA se aplica una dosis luteolítica de PGF. Se puede inducir la ovulación con 1 mg de EB a las 24 horas de la PGF vs GnRH 54 h después de la PGF. Este esquema fue evaluado en novillas Nelore cíclicas y en anestro. Se encontró una interacción tratamiento ciclicidad ($P < 0.05$) debido a que los porcentajes de preñez fueron mayores en las novillas cíclicas (con un CL) tratadas con EB (55.6%, 29/52) que las tratadas con GnRH (32,9%, 17/52), pero las diferencias fueron opuestas en las que estaban en anestro (EB=20.0%, 2/10vs GnRH=63.0%, 7/11).

d. Implante Intravaginal (CIDR)

MacMillan, K. et. al., (1974), el "CIDR" es el sincronizador y regulador del estro para ganado bovino, ovino, caprino y servidos más popular a nivel mundial actualmente, gracias a su reconocida eficiencia en el comportamiento reproductivo de los hatos, así como su facilidad de uso.

El CIDR es un dispositivo intravaginal de silicón desarrollado en Nueva Zelanda, está constituido por una espina central de material sintético la cual está impregnada con progesterona. El contenido total de progesterona de cada dispositivo es de 1.9 gr.

Existen diferentes tratamientos dependiendo de la condición reproductiva del animal, así como su especie.

El CIDR se inserta dentro de la vagina del animal durante cualquier período del ciclo estral, donde permanece por nueve días liberando progesterona la cual pasa a la sangre del animal (absorbida a través de la mucosa de la vagina durante ciertos días). Su fácil colocación le permite ser retirado sin complicación alguna.

Cada dispositivo del CIDR contiene la hormona "progesterona". El CIDR intravaginal libera los depósitos de progesterona, en un rango de control hacia el torrente sanguíneo del animal tratado. La progesterona se libera por difusión desde una capsula 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, resultando con niveles en el plasma de progesterona con suficiente magnitud para suprimir la liberación de LH y FSH del hipotálamo, durante el período recomendado para el tratamiento.

Este efecto de retroalimentación negativa sobre el hipotálamo, previene el estro y la ovulación. Remover el CIDR, permite que la LH impulse su frecuencia para incrementarse, lo que resulta en estro y ovulación del folículo emergente.

(1) Ventajas

- (a) No induce al aborto. Este hecho permite usar el CIDR para resincronizar el celo en las vaquillas que no quedan preñadas después de la inseminación aún antes de que el resultado de la inseminación sea conocido.
- (b) Permite inseminar vacas con cría al pie en pocos días y con esquemas simples de trabajo.

(2) Desventaja

- (a) Usando CIDRs nuevos la resincronización es más efectivo.

3. Inseminación Artificial

a. Concepto

Ungerfeld, R., (2002), indica que la inseminación artificial es la biotecnología de la reproducción que mayor masificación ha alcanzado en bovinos de producción lechera.

Vargas, J., (2003), manifiesta que la inseminación artificial, consiste en depositar el semen mecánicamente en el tracto reproductor de la hembra, sin necesidad de la cópula.

b. Ventajas de la Inseminación Artificial

Galina, C. y Saltiel, A., (1995), manifiesta las siguientes:

- (1) Evita la transmisión de enfermedades venéreas.
- (2) Facilita el transporte y la distribución del semen.
- (3) Permite realizar un mejoramiento genético acelerado, mediante el uso de sementales probados.
- (4) Evita la presencia del macho en el hato, gasto de su mantenimiento y elimina el peligro que representa.
- (5) Facilita la implementación de programas de sincronización y cruzamientos.
- (6) Posibilita la adquisición de animales valiosos por parte de ganaderos de escasos recursos.
- (7) Se puede hacer pruebas de progenie de un semental más rápido que con monta natural, ya que permite cubrir un gran número de vacas de diferentes lugares al mismo tiempo.
- (8) Pueden servirse vaconas y vacas de tamaño pequeño sin causar daños, que a veces se presentan cuando se sirven con monta natural utilizando toros muy pesados.
- (9) La posibilidad de utilizar toros valiosos después de muertos y toros físicamente impedidos por la monta por problemas mecánicos o por peso.

c. Desventajas de la Inseminación Artificial

Galina, C. y Saltiel, A., (1995), manifiesta las siguientes:

- (1) El costo inicial de un programa de inseminación artificial es alto. (Compra de equipo, construcción de instalaciones).
- (2) Las enfermedades pueden difundirse cuando se utilizan sementales enfermos.
- (3) La consanguinidad tiende a incrementarse cuando se utilizan sementales de una sola línea genética durante muchos años.

- (4) Implica de un dominio de la técnica. Es necesario que el técnico inseminador sea entrenado en una empresa especializada que cuente con bastante experiencia.
- (5) Requiere una muy buena detección del celo. (Capacitar al personal).

d. Momento óptimo para la inseminación artificial

Vargas, J., (2003), esta necesidad de actuar en el momento adecuado viene dada por las propias características de ambos gametos: mientras que la vida útil del óvulo tras la ovulación es de sólo 10 ó 12 horas, el esperma puede sobrevivir, una vez depositado en el tracto reproductor de la hembra, entre 24 y 48 horas.

Aunque, por la larga vida del esperma, parece que el tiempo en el que se insemina no es un factor determinante, no hay que olvidar que el esperma debe permanecer en el tracto reproductor de la hembra entre 4 y 6 horas antes de ser capaz de llevar a cabo la fertilización del óvulo. Esto explica porqué se obtienen mayores índices de concepción cuando se insemina en la mitad o en el final del celo que cuando se hace después del final de este.

F. DIAGNÓSTICO DE LA PREÑEZ

Ungerfeld, R., (2002), manifiesta que los métodos más comunes para detectar la preñez incluyen no retorno al celo, palpación rectal, ultrasonografía y niveles de progesterona en la leche. Cada método posee ventajas y desventajas.

1. Palpación rectal

Ungerfeld, R., (2002), indica en un estudio reciente ha demostrado que vacas que fueron diagnosticadas preñas por palpación rectal entre los días 30 y 36 post-inseminación, tuvieron un intervalo entre partos 2 semanas mas largo que aquellas examinadas más tarde. En dicho trabajo, también se estudió la exactitud del diagnóstico de preñez por palpación rectal. Se observó que el 3,4% de las vacas supuestamente preñadas manifestaron el celo y fueron inseminadas, que

otro 1.5% de las vacas eran encontradas vacías en un examen posterior, y que el 5% de las vacas diagnosticadas vacías parieron en el período correspondiente a la supuesta edad de preñez.

Si bien la muerte embrionaria es relativamente importante durante los estadios temprano de preñez, puede aumentarse iatrogénicamente durante el diagnóstico temprano de preñez por palpación. La mortalidad embrionaria luego de realizar el diagnóstico de preñez por palpación rectal antes del día 35 post-inseminación es de 5,8%, entre los días 35 y 45 es de 6% y luego del día 45 es menor al 1%. Otros autores confirmaron que la palpación rectal es una causa importante de muerte embrionaria y fetal. Ungerfeld R. (2002), reportaron una mortalidad embrionaria de 7,5% y 5,6% luego de realizar el deslizamiento de membranas como signo positivo de preñez antes y después del día 50 post-inseminación respectivamente.

2. Ultrasonografía

Ungerfeld, R., (2002), la ultrasonografía utiliza ondas de sonido de alta frecuencia para producir imágenes de órganos internos y de tejido. La ultrasonografía comenzó a utilizarse como método fidedigno de diagnóstico de gestación temprano en la vaca en la década del 80.

El principal objetivo al realizar el diagnóstico de preñez en las vacas inseminadas en un rodeo, no es determinar que vacas estén preñadas, sino al contrario, que vacas están vacías con el fin de reinseminarlas o refugarlas del rodeo (Youngsquin, 1997). Es por ello que tradicionalmente se recomienda realizar el diagnóstico de preñez previamente al segundo celo luego de la inseminación (38 – 42 días; Momont, 1991).

Debido a los problemas de muerte embrionaria iatrogénica por realizar un diagnóstico de preñez temprano, y a la falta de exactitud y costo elevado en el diagnóstico de preñez mediante la cuantificación de progesterona, el diagnóstico de gestación temprano (día 25-28 post-inseminación) mediante el uso de

ultrasonografía es una herramienta de diagnóstico muy útil para determinar en forma precisa los animales vacíos y rápidamente re-sincronizarlos.

En un estudio determinaron que el diagnóstico precoz de preñez mediante ultrasonografía en explotaciones comerciales posee un sensibilidad y especificidad del 95% y un valor predicho del 98%.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

El ensayo se realizó en la hacienda “CADER”, Campo Docente Experimental Rumipamba, de la Universidad Central del Ecuador, ubicada en la provincia de Cotopaxi, al norte del Cantón Salcedo.

La presente investigación tuvo una duración de 120 días.

B. CONDICIONES METEOROLÓGICAS

Cuadro 1. CONDICIONES METEOROLÓGICAS EN LA HACIENDA “CADER”

CARACTERÍSTICAS	VALORES
Altitud (m.s.n.m)	2630
Temperatura promedio anual (°C)	14.1
Precipitación (mm / año)	554
Humedad relativa (%)	65

FUENTE: Estación Experimental Rumipamba, 2003

C. UNIDADES EXPERIMENTALES

Para la investigación se utilizaron 20 vacas Holstein Friesian Mestizas de 2.5 a 12 años de edad, el ensayo contempla dos tratamientos y diez repeticiones.

Cada unidad experimental la conformó una vaca Holstein Friesian Mestiza, lo que representó un total de diez animales por tratamiento.

D. MATERIALES, EQUIPOS E INSUMOS

Los materiales, equipos e instalaciones que se utilizaron en la presente investigación fueron los siguientes:

1. De campo

- Vehículo.
- Ropa de trabajo (overol, botas de caucho).
- Manga.

2. Materiales para sincronización de celo

- CIDR (implante intravaginal)
- Prostaglandinas F2 α
- Estrógenos
- Ultrasonido
- Tijera
- Alcohol
- Balde
- Agua
- Jabón
- Jeringuillas
- Agujas descartables.

3. Materiales de laboratorio para evaluación de semen

- Microscopio.
- Baño maría.
- Plancha térmica.
- Lámina porta y cubre objetos.
- Termómetro.
- Pinza.

- Papel absorbente.
- Corta pajueta.
- Pajuelas de semen.

4. Materiales para inseminación artificial

- Termo de nitrógeno.
- Termo de descongelamiento.
- Pistola de inseminación artificial.
- Vainas descartables.
- Pajuelas de semen.
- Guantes ginecológicos descartables.
- Corta pajuelas.
- Termómetro.
- Papel higiénico.
- Jabón.
- Toallas.

5. Materiales para la detección de preñez

- Guantes ginecológicos descartables.
- Balde.
- Agua.
- Yodo.
- Jabón.

6. Registros

- Reproducción.
- Mapa del termo.

E. TRATAMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Se evaluó el efecto de la sincronización del celo utilizado el implante intravaginal más estrógenos (CIDR + E2) vs Prostaglandina en doble dosis (2*PGF2 α), bajo un diseño experimental de una entrada, con 10 vacas por grupo cuyo modelo matemático corresponde a la prueba "t-student", para muestras pareadas, como se esquematiza a continuación:

Cuadro 2: ESQUEMA DEL EXPERIMENTO

SINCRONIZACIÓN	CODIGO	VACAS		
		/TRATAMIENTO	TUE*	TOTAL
IMPLANTE INTRAVAGINAL + ESTRÓGENO	CIDR + E2	10	1	10
PROSTAGLANDINA EN DOBLE DOSIS	2(PGF2 α)	10	1	10
TOTAL VACAS				20

*TUE: Tamaño de la Unidad Experimental, 1vaca.

$$t_{cal} = \frac{\bar{d}}{S_{\bar{d}}} = \frac{\bar{X}_A - \bar{X}_B}{S(\bar{X}_A - \bar{X}_B)}$$

$$t_{cal} = \frac{\bar{d}}{S_{\bar{d}}} = \frac{\bar{X}_{CIDR} - \bar{X}_{PGF2\alpha}}{S(\bar{X}_{CIDR} - \bar{X}_{PGF2\alpha})}$$

$$S^2_{\bar{d}} = \frac{\sum D^2 - \frac{(\sum D)^2}{n}}{n(n-1)}$$

$$S_{\bar{d}} = \sqrt{S^2_{\bar{d}}}$$

DONDE:

t_{cal} : Valor calculado de "t - student"

\bar{d} : Diferencia entre medias.

S_d : Desviación típica de la diferencia entre medias

$$S.C. = \sum D^2 - \frac{(\sum D)^2}{n}$$

Aceptación o rechazo de la hipótesis H1:

Si $t_{cal} > t_{0.05}$ \longrightarrow Rechazamos H_0 y aceptamos H_1 ($P \leq 0.05$).

Si $t_{cal} > t_{0.01}$ \longrightarrow Rechazamos H_0 y aceptamos H_1 ($P \leq 0.01$).

F. MEDICIONES EXPERIMENTALES.

Las variables experimentales que se evaluaron en el presente trabajo investigativo son las siguientes:

- Presentación del celo después de la aplicación de los tratamientos, (horas).
- Tasa de efectividad de la sincronización (%).
- Número de servicios por concepción (Nº).
- Tasa de fertilidad (%).
- Tasa de infertilidad (%).
- Costo vaca sincronizada, (dólares).
- Costo vaca gestante, (dólares).
- Beneficio / Costo (%).

G. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados experimentales obtenidos fueron sometidos a los siguientes análisis estadísticos:

1. Prueba "t-student" para la diferencia entre grupos con observaciones pareadas.
2. Estadísticas descriptivas por grupo de comparación.
3. Nivel de significancia α (0.05) (0.01)

H. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Para esta investigación se utilizó 20 vacas Holstein Friesian Mestizas de 2.5 a 12 años de edad, las mismas que luego de ser chequeadas ginecológicamente y libres de problemas reproductivos (quistes, ovarios atrofiados, muy desnutridas). Además para su diferenciación se colocó collares de color.

Las vacas sometidas, en la investigación tuvieron el mismo manejo dentro de la explotación.

La inducción y sincronización de celo tuvo el siguiente esquema:

1. Implante intravaginal (CIDR) más estrógenos

La inducción y sincronización del celo con implante intravaginal (CIDR), se lo realizó de la siguiente manera:

El primer día o cero, se aplicó el implante en la vagina, con la ayuda del aplicador, y se inyectó estrógenos por vía intramuscular. El décimo día, se retiró el implante intravaginal.

El onceavo día se inyectó 4ml Fertigan (estrógeno) por vía intramuscular. Los días 12, 13 y 14, se observó el celo y se realizó la inseminación artificial.

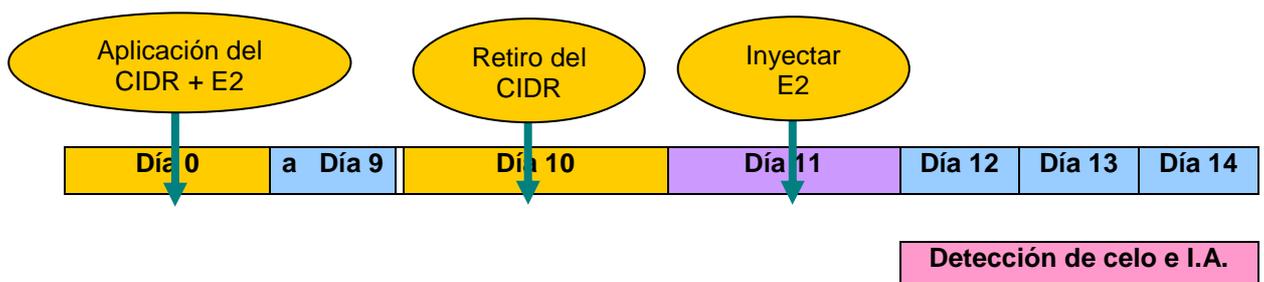


Gráfico 1. Implante intravaginal (CIDR) + E2.

2. Prostaglandina F2 α en doble dosis.

La inducción y sincronización del celo con prostaglandina F2 α en doble dosis, se lo realizó de la siguiente manera:

El primer día o cero, se aplicó Prostaglandina F2 α por vía intramuscular, en una dosis de 2cc de Estrumate. El día 11, se repitió la dosis de 2 cc de Prostaglandina F2 α por vía intramuscular.

Los días 12, 13 y 14, se observó el celo y se realizó la inseminación artificial.

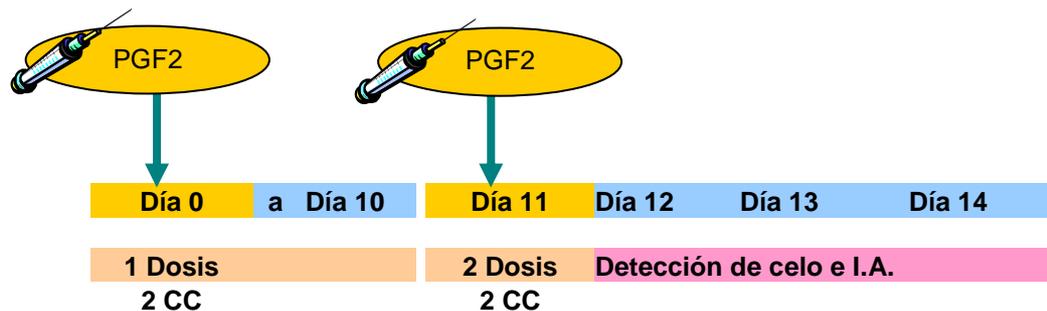


Gráfico 2. Prostaglandina F2 α en doble dosis.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. PRESENTACIÓN DE CELO

En los tratamientos utilizados para la inducción y sincronización del estro (CIDR +E₂) y (PGF_{2α})*2), se determinó que mediante la utilización de CIDR + E₂, el 80 % de las vacas Holstein Friesian mestizas presentaron, signos característicos de celo como son nerviosismo, falta de apetito, inquietud, secreción cristalina a nivel vulvar, comportamiento de homosexualidad, debido al efecto de E₂, al respecto, según lo manifiestan Macmillan y Peterson (1993), tiene un efecto positivo sobre la liberación de LH responsable del comportamiento característico y consiguiente ovulación, sin embargo dependerá de la etapa de crecimiento del folículo en desarrollo.

Estos resultados son similares a los registrados por Díaz et. al. (2002) que manifiesta que en dos experimentos realizados con CIDR-B+E se presentó un alto porcentaje de estro, 92.2 y 90.0% para vacas y novillas, en consecuencia se puede confirmar que la utilización de CIDR + E₂, permite inducir a la presentación del estro. (Cuadro 3, Gráfico 3).

Por otro lado al utilizarse en la inducción y sincronización del estro, PGF_{2α} en doble dosis, se determinó que solo el 60% de las vacas sincronizadas presentaron los signos de estro dentro del tiempo determinado, que son 3 días de la última aplicación de la hormona, estos resultados no distan de manera significativa a lo que manifiesta Ramirez (2004), que los estros mediante la utilización de este tratamiento, se agrupan en un periodo de 2 a 5 días con un 70% de éxito en vacas que se encuentran ciclando; sin embargo se debe considerar que las PGF_{2α} son efectivas únicamente en vacas ciclando, no son efectivas los primeros 5 días del ciclo y se les considera abortíferas. Este bajo porcentaje de presentación de celo también concuerda con lo que manifiesta Ungerfeld, (2002), que a pesar de seguir correctamente el protocolo aplicado en la presente investigación, siempre hay que esperar que entre un 20 y un 30% de los animales no se sincronicen. (Cuadro 3, Gráfico 3).

Al comparar los dos tratamientos, la presentación de celo con la utilización del CIDR +E₂, es superior, lo cual es corroborado por Ungerfeld (2002), que dice que este tratamiento difiere del de la sincronización mediante prostaglandinas ya que en este caso se sincroniza realmente el celo; en el caso de las prostaglandinas lo que sincronizamos es la luteolisis.

B. HORA DE PRESENTACIÓN DEL CELO

El tiempo de presentación del celo cuando se aplicó el implante CIDR + E₂ fue en promedio de 17.00 horas (Cuadro 4), por cuanto el 10 % de las vacas sincronizadas presentaron los síntomas de celo entre las 8 a 12 horas de la última aplicación de estrógeno, el 30 % presentó el celo en un periodo comprendido entre las 12 a 16 horas, un 10% de las vacas tratadas presentaron celo entre las 16 a 20 horas y de 20 a 24 horas presentaron celo el 30% de las vacas tratadas. Solamente el 20% de vacas permanecieron sin presentar celo hasta las 72 horas. (Cuadro 4, Gráfico 4).

Estos excelentes resultados se sustentan con lo que manifiestan Macmillan y Peterson (198), que la progesterona del dispositivo de CIDR, se absorbe a través de la mucosa vaginal, resultando con niveles de progesterona en el plasma, con suficiente magnitud para suprimir la liberación de LH y FSH del hipotálamo, durante el período recomendado para el tratamiento. Este efecto de retroalimentación negativa sobre el hipotálamo, previene el celo y la ovulación, remover el CIDR, permite que la LH impulse su frecuencia para incrementarse, lo que resulta en celo y ovulación del folículo emergente.

Cuando se utilizó el tratamiento (PG F2 α * 2, el tiempo necesario para inducir y sincronizar el celo fue mayor, con un promedio de 48.00 horas, debido que el 10 % de las vacas presentó el celo entre las 20 a 24 horas, otros dos grupos con el mismo porcentaje (10 %) presentaron celo entre las 56 a 60 y 68 a 72 horas respectivamente; y el mayor porcentaje 30 % del total, presentó celo entre las 44 a 48 horas. (Cuadro 4, Gráfico 4). Estos resultados se encuentran dentro del rango de horas que manifiesta Hernández (2001), que trabajaron sobre vaquillas

ciclando para inducir su estro con PGF2(con dos inyecciones con diez días de intervalo entre la primera y la segunda; encontrando que el 83% de los animales manifestaron celo entre 48 y 96 Horas después de la segunda inyección.

Los resultados expuestos determinan que cuando se utiliza el tratamiento de CIDR + E₂, la presentación del celo es más rápida, con un promedio en tiempo de presentación que difiere estadísticamente ($p < 0.05$) y ($p < 0.01$), del promedio de presentación registrado al utilizar inyecciones de PGF2(. (Anexo 4).

C. EVALUACIÓN DE LA TASA DE CONCEPCIÓN

La tasa de concepción a la primera inseminación, utilizando CIDR + E₂, fue de 40%, posteriormente con segunda inseminación a los 21 días, se tuvo una tasa de concepción de 30% en las vacas repetidoras, quedando vacías el 30% de las vacas. Cabe indicar que la inseminación se realizó luego de retirado el implante y administrado el estrógeno por vía intramuscular. (Cuadro 5, Gráfico 5).

En las vacas donde se aplicó Prostaglandina F_{2α} en doble dosis, la tasa de concepción de la primera inseminación fue de 60% (6 de 10 vacas), posteriormente con segunda inseminación la tasa de concepción fue nula, por lo que al final, el 40% de las vacas de este tratamiento quedaron vacías. (Cuadro 5, Gráfico 5).

Totalizando las tasas de concepción luego de la segunda inseminación se determinó que en el tratamiento con CIDR + E₂, se estableció en el 70% de concepción, requiriéndose de 2.29 inseminaciones por vaca gestante, mientras que en el tratamiento en el cual se utilizó Prostaglandina F_{2α}, la tasa de concepción total fue de 60%, para lo cual fue necesario 2.33 inseminaciones por vaca gestante lo cual no tuvo una diferencia significativa estadísticamente hablando a una ($p < 0.05$) y ($p < 0.01$). (Cuadro 5, Gráfico 6, Anexo 5).

Al comparar los resultados de estas variables se puede determinar que el efecto de la utilización de progesterona mediante el CIDR + E₂, es mejor numéricamente

tanto en la tasa de concepción total, como en el número de inseminaciones por vaca gestante.

Los resultados obtenidos en la presente investigación, demuestran que con primera inseminación, es mejor utilizar Prostaglandina $F_{2\alpha}$, ya que la tasa de concepción es del 60%, y aún así es inferior a la registrada por Espinoza (1992), cuando evaluó la efectividad de la sincronización del estro utilizando como dosis 5 cc de Prostaglandina $F_{2\alpha}$, aplicando en dos oportunidades con 11 días de diferencia una con otra, alcanzó una tasa de concepción del 64.3%.

Por otro lado Hernández et. al., (2000), al evaluar la respuesta a la inducción del estro con Prostaglandina $F_{2\alpha}$, en vaquillas Holstein, obtuvieron el 65.2% de vaquillas gestantes, por lo que los resultados obtenidos con primera inseminación son inferiores.

D. EVALUACIÓN DE LA TASA DE FERTILIDAD

Luego de 60 días posteriores a la inseminación, se evaluó la gestación por medio de palpación determinándose que las vacas tratadas con el CIDR + E2, 7 de 10 vacas, se encontraban gestantes, determinándose una fertilidad del 70% y 30% de infertilidad, en tanto 6 de 10 vacas tratadas con Prostaglandina $F_{2\alpha}$, fueron detectadas gestantes, lo que implica una fertilidad del 60% y 40% de infertilidad. (Cuadro 6, Gráfico 7).

La tasa de fertilidad en la presente investigación está muy por debajo a lo que reporta Casco (2001), cuando utiliza Prostaglandina $F_{2\alpha}$, en asociación a GnRH, en dosis simple y doble, reportando una fertilidad de 83.33 y 100%, pero el mencionado autor solamente trabajó con 6 animales por tratamiento. Por lo que debemos tomar muy en cuenta a más del efecto de los tratamientos, la individualidad fisiológica de cada animal utilizado en el experimento.

E. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Al evaluar la inducción y sincronización del celo en Vacas, desde el punto de vista económico, se ha determinado que con la utilización de CIDR + E₂, el costo por vaca sincronizada fue de 8.44 USD y por vaca gestante con este tratamiento el costo asciende a 44.02 USD ya que solamente 7 de 10 vacas llevaron la gestación a término. (Cuadro 7).

En las vacas tratadas con Prostaglandina F_{2α} en doble dosis, se determinó un costo de 10.04 USD, por vaca sincronizada y 53.63 USD por vaca gestante ya que únicamente 6 de 10 vacas se mantuvieron gestantes, por lo que los costos se elevan. Se debe tomar en cuenta que con la utilización de Prostaglandinas, tanto el costo de sincronización como el costo por vaca gestante, es más elevado, sin ser el mejor tratamiento. (Cuadro 8).

Por otro lado se obtiene un mejor índice de Beneficio Costo, mediante la utilización de CIDR + E₂, con 1.19, lo que quiere decir que por cada dólar invertido en este proceso, se obtiene una rentabilidad de 19 centavos, y que en la producción lechera es muy representativo, el índice de Beneficio Costo, para las vacas tratadas con Prostaglandina F_{2α}, fue de 1.09, siendo inferior en cuanto al margen de rentabilidad del otro tratamiento. (Cuadro 9).

Estos resultados conllevan a insistir que la inversión en tecnología siempre será una alternativa que mejorará los parámetros productivos de las explotaciones lecheras, y por consiguiente los rendimientos económicos, puesto que en cuatro meses de experimentación se obtuvo una rentabilidad de 19%, y al compararlo con las tasas bancarias que en el mejor de los casos llega al 6% anual, la diferencia en términos económicos resulta muy significativa.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. En la inducción y sincronización del estro de vacas Holstein Friesian Mestizas, con la utilización del implante intravaginal (CIDR) más estrógeno, el 80% de las vacas presentaron celo, lo cual es superior ante la utilización de Prostaglandina $F_{2\alpha}$, donde apenas el 60% de las vacas presentaron estro, dentro de las 72 horas evaluadas.
2. El tiempo de presentación del celo en vacas, cuando se aplicó CIDR + E_2 fue en promedio de 17.00 horas en tanto que si se utiliza ($PGF_{2\alpha}$) * 2, el tiempo necesario para inducir y sincronizar el estro fue mayor, con un promedio de 48.00 horas.
3. La tasa de concepción a la primera inseminación con CIDR + E_2 fue del 40%, y luego de la segunda inseminación se alcanzó al 70%, lo cual es superior al tratamiento con Prostaglandina $F_{2\alpha}$, en donde solamente con primera inseminación se alcanzó el 60% de concepción.
4. La tasa de fertilidad es afectada por los tratamientos hormonales, ya que cuando se utilizó CIDR + E_2 alcanzó el 70%, y resultó superior a la tasa de fertilidad obtenida en las vacas tratadas con Prostaglandina $F_{2\alpha}$, con el 60% de fertilidad.
5. El número de inseminaciones por vaca gestante fue menor cuando se trató a las vacas con CIDR + E_2 , con 2.29, en tanto que cuando se trató con Prostaglandina $F_{2\alpha}$, el número de inseminaciones por vaca gestante fue de 2.33.

6. El costo por vaca gestante con la utilización de CIDR + E₂, se estableció en 44.02 USD, con un índice de beneficio costo de 1.19 durante el experimento, lo cual resulta ser mucho más eficiente que al utilizar Prostaglandina F_{2α}, donde el costo por vaca gestante es superior estableciéndose en 53.63 USD con un índice de beneficio costo de 1.09 muy inferior al otro tratamiento hormonal.

VI. RECOMENDACIONES

En las condiciones de la presente investigación, se pueden establecer las siguientes recomendaciones:

1. Utilizar CIDR + E₂, en la inducción y sincronización del estro de Vacas Holstein Friesian Mestizas, ya que ha demostrado eficacia y economía en el tratamiento, aplicando el Implante vaginal+ Estrógenos por vía intramuscular el día 0, retirar el implante intravaginal el décimo día, inyectar Estrógenos por vía intramuscular el onceavo día y observar el celo los días 12, 13 y 14 para luego inseminar.
2. Para posteriores estudios de esta naturaleza, se recomienda incrementar el número de unidades experimentales, a fin de disminuir el error experimental y obtener resultados más precisos y confiables.
3. Se recomienda que para la reutilización del implante intravaginal CIDR + E₂, este debe ser lavado y desinfectado, para evitar cualquier tipo de infección en el tracto reproductivo.

VII. LITERATURA CITADA

1. BEARDEN, H., Y FUQUAY, J., 1982, Reproducción Animal Aplicada, sn, México – México, Edit., El manual moderno, p., 171.
2. CASCO, O., 2001, Sincronización del estro de Vacas Holstein Mestizas utilizando GnRH más Prostaglandinas en la Parroquia Matus, Cantón Penipe, sn, Riobamba - Ecuador, pp.33-35.
3. ESPINOZA, F., 1992, Sincronización del estro en bovinos de leche tratados con Prostaglandina F2 α y su efecto en la I.A, sn, Riobamba - Ecuador, pp. 27-29.
4. GALINA, C., Y SALTIEL, A., 1995, Reproducción de Animales Domésticos, sn, México - México, Edit. LIMUSA S.A., pp. 57-59
5. HAFEZ, E., S., E., 1996, Reproducción e Inseminación Artificial en Animales, Sexta Edición, México – México, Edit., Interamericana, p. 347.
6. <http://www.veterin.unam.mx/fmvzunam>, Hernandez J., Porras, A. Salgado, A. Lima V., 2001, Inducción del estro con Prostaglandina F2 α Efecto del Intervalo entre tratamiento y la presentación del Estro sobre el índice de concepción de Vaquillas Holstein. Memorias Científicas originales.
7. <http://www.laboratoriosprovet.com.co/inftecnica/REPRODUCCION/endocrinologia.asp>, Univ/Inst, Fernandez, A., 1981, Mecanismo Endocrino de la Pubertad, México.
8. http://www.cecalc.ula.ve/AVPA/congresos/cd_xi_congreso/pdf/gabrielbo., 2002, Baruselli, P. S. y Gabo, “Programas de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo en el Ganado Bovino en Regiones Subtropicales”, Memorias XI Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal, Córdoba – Argentina.
9. <http://patrocipes.uson.mx/patrocipes/invpec/ranchos/RA0066.html>, Pedroza D., 1992, Ventajas del Uso de Sincronizadores del Estro, Rancho No. 66.
10. http://babcock.cals.wisc.edu/spanish/de/pdf/09_s.pdf, Wattiaux, M., 1998, Esenciales Lecheras, Instituto Babcock para la investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera, Universidad de Wisconsin-Madison,

11. KING, G. J. y ROBERTSON, H. A., 1974, A two-injection schedule with prostaglandin F2 alpha for the regulation of the ovulatory cycle of the catte. *Theriogenology*, sn, pp. 123-129.
12. MACMILLAN, K. L. y A.J. PETERSON, 1998, A new intravaginal progesterona releasing device for cattle (CIDR-B) foe estrus synchronization, increasing pregnancy rates and the treatment of post-partum anoestrus. *Anim. Reprod. Sci*, sn, pp. 333 - 335.
13. RAMOS, J. y GUTIERREZ, H., 1992, *Conocimientos Prácticos de la Inseminación Artificial en Ganadería*, sn, Bogotá – Colombia, Edit. Produmedios, p.107.
14. RAMIREZ, J., 2004, *Adelantos Biotécnicos en Reproducción Animal. Aplicada a Bovinos de Carne*, sn, México – México, UACH, p. 171.
15. SORENSEN, A. M., 1982, *Reproducción Animal. Principios y Prácticas*, sn, México – México, Edit. McGrau Hill, pp. 176.
16. UNGERFELD, R., 2002, *Reproducción en los Animales Domésticos*, sn, Montevideo – Uruguay, Tomo I y II, Edit. Melibea, pp. 57-347.
17. VARGAS, J., 2003, *Curso Intensivo de Inseminación Artificial Bovina*, Asociación de Ganaderos de la Sierra y Oriente (AGSO), y Centro de Desarrollo Genético y Capacitación (GENES), sn, Quito-Ecuador, p.37.

ANEXOS