



UNIVERSIDAD DEL MAR

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

RESPUESTA A PROTOCOLO DE SINCRONIZACIÓN DE ESTRO CON
PROGESTERONA O PROSTAGLANDINAS EN VACAS Y VAQUILLAS DOBLE
PROPÓSITO

TESIS

QUE COMO PARTE DE LOS REQUISITOS PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y SANIDAD ANIMAL

PRESENTA

M.V.Z. Mario Moncada Hernández

DIRECTOR

Dr. Narciso Ysac Ávila Serrano

CO-DIRECTOR

Dr. Jaime Arroyo Ledezma

Puerto Escondido, Oaxaca, México 2019

DEDICATORIA

A **Dios** por darme la oportunidad de culminar esta meta en mi vida.

Con todo cariño a mis padres Sr. Mario Moncada Balderas y Sra. María Eugenia Hernández León por darme la vida, por sus sabios consejos en cada etapa de mi formación y por su apoyo incondicional que siempre me han brindado.

A mi esposa, por ser paciente y tolerante en todo momento de dificultad y darme la oportunidad de realizarme como padre.

A mi hijo Gael por ser el motivo de superación más valioso de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

- Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada para la realización de mis estudios de la maestría en Producción y Sanidad Animal (MPySA).
- A la **Universidad de Mar, Campus Puerto Escondido**, por su contribución en el desarrollo de mi formación profesional. A todos los profesores que conforman la Licenciatura en Zootecnia por compartirme su amistad, experiencia y conocimientos.
- A mi Comité de asesores y revisores: Dr. Narciso Ysac Ávila Serrano, Dr. Jaime Arroyo Ledezma, Dra. Mónica Marcela Galicia Jiménez, Dr. Marco Antonio Camacho Escobar y Dr. Serafín Jacobo López Garrido por su paciencia, enseñanzas, consejos y sugerencias en la realización del presente trabajo.
- A todas aquellas personas que de una u otra manera han participado en mi proceso formativo y han colaborado en la culminación del presente trabajo de investigación.

RESUMEN

Con la finalidad de evaluar el efecto de la condición de las unidades experimentales: vacas o vaquillas, el factor hormonal: progestágenos o prostaglandinas y su interacción; se llevó a cabo el presente estudio en el trópico seco. Se utilizaron 76 hembras bovinas doble propósito (41 vacas adultas y 35 vaquillas) las cuales fueron distribuidas en 4 tratamientos: Al tratamiento 1 (T1) y n= 21 vacas y tratamiento 2 (T2) y n=17 vaquillas se les aplicó el protocolo de sincronización donde el d=0 se insertó el dispositivo intravaginal liberador de progesterona y se administró inyección intramuscular con 2 mg de cipionato de estradiol, permaneciendo insertado por 10 d, al momento del retiro de los dispositivos se administró inyección intramuscular con 25 mg de PGF2 α + inyección intramuscular con 1 mg de cipionato de estradiol; al tratamiento 3 (T3) y n=20 vacas y tratamiento 4 (T4) y n=18 vaquillas, el protocolo de sincronización consistió en dos aplicaciones de PGF2 α (25 mg), con intervalos de aplicación de 10 d (d=0 y d=10). El diseño experimental fue factorial de 2X2, siendo las fuentes de variación la condición de la unidad experimental y el protocolo de sincronización. Las variables evaluadas fueron: tasa de estros en la sincronización y en las resincronizaciones; tasa de gestación al primer, segundo y tercer servicio, y el tiempo que transcurrió entre el retiro del dispositivo o aplicación de la segunda dosis de PGF2 α a celo mostrado. El análisis estadístico de la información fue mediante el programa SAS con la prueba de ji² para las proporciones y un análisis de varianza con comparación de medias a través del estadístico de prueba Tukey (P=0.05), para la variable tiempo que transcurre entre el retiro del dispositivo o aplicación de la segunda dosis de PGF2 α a celo mostrado. Los resultados indican efecto no significativo por el factor condición de la unidad experimental, el protocolo de sincronización o la interacción (P>0.05) para la variables tasa de estros en las resincronizaciones, tasas de gestación al primer, al segundo y tercer servicio; así como en el tiempo del retiro del dispositivo o aplicación de la segunda dosis de PGF2 α a celo mostrado; la variable en la que se presentó efecto significativo (P<0.05) fue tasa de estros en la sincronización por el factor protocolo de sincronización y la interacción, resaltando que la condición de la unidad experimental no tuvo efecto significativo (P>0.05). Con los

resultados se concluye que la respuesta en la variable tasa de estros se favorece al utilizar progestágenos comparado con sólo prostaglandinas y que las tasas de gestación se incrementan favorablemente al resincronizar y en consecuencia hacer un segundo y un tercer servicio.

Palabras claves: Bovinos, gestación, hormonas reproductivas, inseminación artificial, manejo reproductivo.

ABSTRACT

With the purpose of evaluating the effect of the condition of the experimental units: cows or heifers, the hormonal factor: progestogens or prostaglandins and their interactions, the present study was carried out in the dry tropics; 76 double purpose bovine females (41 adult cows and 35 heifers) were used, which were distributed in 4 treatments: At treatment 1 (T1) and n=21 cows and treatment 2 (T2) and n=17 heifers were applied the synchronization protocol where d=0 the intravaginal progesterone-releasing device was inserted and an intramuscular injection with 2 mg of estradiol cypionate was administered, remaining inserted for 10 d., At the time of withdrawal of the devices, an intramuscular injection with 25 mg of PGF2 α was administered, plus an intramuscular injection with 1 mg of estradiol cypionate while at treatment 3 (T3) and n=20 cows and treatment 4 (T4) and n=18 heifers the synchronization protocol consisted of two applications of PGF2 α (25 mg), with application intervals of 10 d (d=0 and d=10). The experimental design was a factorial of 2X2, the sources of variation being the condition of the experimental unit and the synchronization protocol. The variables evaluated were the rate of estrus in the synchronization and in the resynchronizations; the gestation rate at the first, second and third service and the time between the withdrawal of the device or application of the second dose of PGF2 α in heat shown. The statistical analysis of the information was through the SAS program with the chi2 test for proportions and an analysis of variance with comparison of means through the Tukey test statistic (P=0.05) for the time variable between the withdrawal of the device or application of the second dose of PGF2 α in heat shown. The results indicate a non-significant effect due to the condition factor of the experimental unit, the synchronization protocol or the interaction (P> 0.05) for the variables estrus rate in resynchronizations, gestation rates at the first, second and third service; as well as at the time of withdrawal of the device or application of the second dose of PGF2 α to heat shown; The variable in which there was a significant effect (P <0.05) was the rate of stress in the synchronization by the synchronization protocol factor and the interaction, highlighting that the condition of the experimental unit had no significant effect (P> 0.05). With the results it is concluded that the response in the variable rate of estrus is

avored by using progestogens compared to only prostaglandins and that gestation rates are favorably increased by resynchronizing and consequently doing a second and third service.

Keywords: Cattle, pregnancy, reproductive hormones, artificial insemination, reproductive management.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. HIPÓTESIS	4
3. OBJETIVOS	5
3.1. Objetivo general	5
3.2. Objetivos particulares	5
4. REVISIÓN DE LITERATURA	6
4.1. Fisiología reproductiva de la hembra	6
4.2. Ciclo estral	7
4.3. Neuroendocrinología del ciclo estral	8
4.3.1. Hormona liberadora de gonadotropina (GnRH)	9
4.3.2. Hormona folículo estimulante (FSH)	10
4.3.3. Hormona luteinizante (LH)	10
4.3.4. Estrógenos	10
4.3.5. Progesterona	11
4.3.6. Prostaglandina (PGF2 α)	11
4.4. Dinámica folicular	12
4.5. Ovulación	14
4.6. Métodos de sincronización de estros	15
4.6.1. Sincronización de estro con progesterona	15
4.6.2. Sincronización de estro con prostaglandina	17
4.6.3. Sincronización de estro con progesterona, estrógenos y prostaglandinas	18
4.7. Reutilización de dispositivos vaginales con progesterona	20
4.8. Importancia del equipo de ultrasonografía	21
5. MATERIALES Y MÉTODOS	23
5.1. Localización geográfica	23
5.10. Análisis estadístico de la información	30
5.2. Selección y manejo de animales	23
5.3. Diseño experimental	23
5.4. Protocolo de sincronización	25
5.5. Detección de estros	25
5.6. Tratamientos	25
5.6.1. Tratamiento 1 (n=21 vacas)	25
5.6.2. Tratamiento 2 (n=17 vaquillas)	26
5.6.3. Tratamiento 3 (n=20 vacas)	27
5.6.4. Tratamiento 4 (n=18 vaquillas)	28
5.7. Resincronización	29
5.8. Diagnóstico de gestación	30
5.9. Variables	30
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
6.1. Tiempo de retiro del dispositivo CIDR a estro	31
6.2. Tasa de estro y gestación en la sincronización y resincronización	31
6.3. Tasa de estros e incremento de gestación por efecto de resincronización con dispositivo CIDR nuevo o usado	35
7. CONCLUSIONES	37
8. LITERATURA CITADA	38

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tiempo de retiro a celo o tiempo de segunda aplicación de prostaglandinas a celo en vacas y vaquillas doble propósito sincronizadas con progesterona o prostaglandinas.....	33
Cuadro 2. Tasa de estros y de gestación al primero, segundo y tercer servicio en vacas y vaquillas doble propósito sincronizadas con progesterona o prostaglandinas.....	34
Cuadro 3. Tasa de estros e Incremento en tasa de preñez por efecto de resincronización con dispositivo nuevo o usado en vacas y vaquillas doble propósito.....	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema del protocolo de sincronización del tratamiento 1.....	26
Figura 2. Esquema del protocolo de sincronización del tratamiento 2.....	27
Figura 3. Esquema del protocolo de sincronización del tratamiento 3.....	28
Figura 4. Esquema del protocolo de sincronización del tratamiento 4.....	28
Figura 5. Esquema del protocolo de resincronización con dispositivo nuevo	29
Figura 6. Esquema del protocolo de resincronización con dispositivo usado	30

1. INTRODUCCIÓN

México produce alrededor de 1.8 millones de toneladas de carne de res y 11 mil millones de litros de leche cada año. Entre los años 2007 y 2012 el crecimiento promedio anual de cada uno de estos productos fue 2.2 % en el caso de carne y 1.0% en el caso de leche (SHCP 2014). En el estado de Oaxaca la ganadería ocupa el primer lugar en cuanto a inventario ganadero y aportación económica dentro de las especies mayores, así para el año 2013 se contaba con 1, 670,226 cabezas de bovino (carne y leche), con un pronóstico de producción de leche de 148,091 L para el año 2015, teniendo hasta el mes de julio del mismo año 77,909 L de producción reportado (SIAP 2014).

La costa de Oaxaca tiene el potencial para lograr la sustentabilidad en la ganadería bovina, ya que se tiene la ventaja de contar con la agricultura tropical, la cual siempre ha reportado mejores estadísticas de producción y rendimiento (Cisneros *et al.* 2005).

De acuerdo con el censo Agropecuario 2007, en México existe 1.1 millones de unidades de producción de ganado bovino, 58 % son para engorda; 34 % mantiene vientres: para leche (40 %), carne (32 %) o de doble propósito (28 %); y en todas las entidades del país producen carne y leche de bovino. En 2012 el principal estado productor de carne fue Veracruz (14.2 % del volumen y 14.8 % del valor). El mayor productor de leche fue Jalisco (18.6 % del volumen y 16.7 % del valor total) (SHCP 2014).

La producción bovina exige la máxima eficiencia para garantizar el mayor retorno económico (Bo & Baruselli 2002). Uno de los principales problemas de la ganadería en el trópico, es la baja eficiencia reproductiva (SAGARPA 1997) al igual que en los hatos lecheros de las zonas templadas, ha disminuido notoriamente (Basurto *et al.* 1999). Por ejemplo, los días abiertos, en ocasiones rebasan el periodo ideal que es de 100 días, esto se debe a muchos factores tales como el clima, las enfermedades y escases de alimentos en ciertas estaciones del año (SAGARPA 1997).

El objetivo de un programa de manejo reproductivo es desarrollar un establecimiento ganadero orientado a obtener óptimos parámetros reproductivos, entre ellos una reducción del intervalo entre partos, buscando obtener máxima

eficiencia para garantizar el retorno económico (Arthur *et al.* 1996). La incapacidad reproductiva de un hato es factor permanente que impide el desarrollo de la industria ganadera y puede traer efectos negativos en su economía (Hafez 1999); por ello, la inseminación artificial (IA) es una herramienta barata para realizar mejoramiento genético de los sistemas de producción bovina (Randel 1994).

Las temperaturas elevadas de las regiones tropicales, se han asociado con un descenso de la eficiencia reproductiva, tal es el caso del ganado lechero, donde está sujeto a tensión térmica en forma crónica durante todo el año (Hernández *et al.* 1984).

La detección de estros ha demostrado ser otro de los factores que afecta en forma significativa la eficiencia reproductiva en rebaños en confinamiento (Hurnjk & col. 1975; Vailes & Britt. 1990; King 1996). Las fallas en la detección de estros, son las causas de que se obtengan bajos índices de concepción al utilizar la IA (Basurto & Alonso. 1998). Los factores para manejar una exitosa producción deben contemplar la eficiencia reproductiva; por ejemplo, adecuada fertilidad de los animales, detección oportuna de celos, eficiente inseminación, buenas prácticas de manejo, nutrición, sanidad y administración del hato (INTA 2003; Dejarnette *et al.* 2004).

El inicio de la actividad ovárica en el posparto, es la principal limitante reproductiva en los bovinos mantenidos en sistemas de producción de carne o doble propósito (Galina & Valencia 2006). En las vacas lecheras, así como en las productoras de carne, las ondas de desarrollo folicular comienzan durante las primeras dos o tres semanas posparto, el factor limitante para reiniciar la actividad ovárica posparto en el ganado lechero es el balance energético negativo (Senger 2003).

La sincronización de celos o estros, es una de las técnicas más desarrolladas en la producción animal actual, se emplean medicamentos con base de productos hormonales para lograr que un grupo de hembras presenten estros en un periodo de 2 o 3 d; sin embargo, aún existen limitantes de carácter práctico que generan bajos resultados como es el caso de tasas de gestación de 15 % a 17 % (Ax *et al.* 2005). Los tratamientos para sincronizar el estro se basan en la destrucción del cuerpo lúteo mediante la administración de prostaglandina PGF₂ α , o en la inhibición de la ovulación a través del suministro de progestágenos (Galina & Valencia 2006).

Existen protocolos para la sincronización del estro que pueden inducir la presencia del celo en 75 % - 90 % de los animales en un periodo de 5 d, sin uso de la sincronización del estro, solo se puede alcanzar 30 % de detección de celos en los animales. Con la sincronización, se alcanza un rango de concepción de 65 %, la diferencia radica en el rango de preñez, aplicando sincronización se alcanzan porcentajes de preñez de 49 % y sólo 21 % sin el uso de esta técnica (Dejarnete 2004). En la vaca lechera de 80 % a 90 % de los ovocitos son fertilizados; sin embargo, 40 % de los embriones muere antes del día 16 post inseminación (Flores *et al.* 2013).

Basándose en lo anterior, el objetivo del presente trabajo, fue presentar alternativas que permitan obtener de cada vaca, un nacimiento de becerro por año, durante toda su vida fértil. Lo anterior es posible con la ayuda de la técnica de IA. Adicionalmente, obtener los beneficios de aplicar la IA como una herramienta de progreso genético. Se busca contribuir a obtener un número de vacas o vaquillas preñadas en un período de 21 d expresado como porcentaje del total de animales ofrecidos al comienzo del período, y consecuentemente incrementar el rendimiento productivo en la economía de la empresa ganadera.

2. HIPÓTESIS

H01. Las variables intervalo de tiempo del retiro del dispositivo CIDR® o aplicación de la segunda dosis de PGF2 α , tasa de estros y tasa de preñez, presentan diferencia significativa entre vacas y vaquillas, entre los protocolos de sincronización, así como en la interacción de dichos factores en ganado bovino doble propósito.

H02. La tasa de gestación se incrementa con la resincronización y no es afectada significativamente, por la condición de nuevo o usado del dispositivo a utilizar o la condición de las unidades experimentales.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Evaluar la respuesta reproductiva por efecto del protocolo de sincronización con progesterona (CIDR®) o prostaglandina y la resincronización con dispositivos nuevos o usados en vacas y vaquillas doble propósito en el trópico.

3.2. Objetivos particulares

- 1) Evaluar el intervalo de tiempo entre el retiro del CIDR® o la segunda aplicación de prostaglandinas, y la ocurrencia del estro en vacas y vaquillas doble propósito sincronizadas con progestágenos o prostaglandinas en el trópico.
- 2) Determinar el porcentaje de estros en vacas y vaquillas de doble propósito sincronizadas con progesterona o prostaglandinas en el trópico.
- 3) Estimar la tasa de preñez en vacas y vaquillas de doble propósito sincronizadas con progesterona o prostaglandinas en el trópico.
- 4) Evaluar el efecto de la resincronización con dispositivos nuevos y usados sobre la tasa retorno a estro y tasa de gestación en vacas y vaquillas doble propósito en el trópico.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Fisiología reproductiva de la hembra

La hipófisis consta de un lóbulo anterior y un lóbulo posterior. La hipófisis anterior o adenohipófisis produce varios tipos de hormonas de las cuales la hormona folículo estimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH) cumplen un papel relevante en el ciclo estral (Shearer *et al.* 2003).

Los ovarios son glándulas que tienen básicamente dos funciones; una exocrina, que es la liberación de óvulos, y otra endocrina, que es la producción y secreción de hormonas (Perry *et al.* 2004). La FSH es la encargada del proceso de esteroideogénesis ovárica, crecimiento y maduración folicular. y la LH es la que interviene en el proceso de ovulación y formación del cuerpo lúteo (Shearer *et al.* 2003). Entre las hormonas que producen los ovarios se pueden citar los estrógenos o estradiol, progesterona y inhibina. Los estrógenos tienen un efecto de retroalimentación positiva sobre el hipotálamo produciendo la liberación de GnRH que a su vez inducirá la liberación de FSH y LH en la hipófisis anterior. La progesterona es también una hormona esteroide producida en el cuerpo lúteo por acción de la LH; es responsable de la preparación del útero para permitir la implantación del embrión y de mantener la gestación (Perry *et al.* 2004).

El útero produce las prostaglandinas F2 α las cuales intervienen en la regulación del ciclo estral mediante su efecto de luteólisis o regresión del cuerpo lúteo. También intervienen en los procesos de ovulación y parto (Sintex *et al.* 2005).

El periodo del estro, en la vaca, puede definirse como el tiempo que ésta tolera ser montada por un toro o por una vaca, dura aproximadamente 18 h en las vacas tanto lecheras como de engorda, y es un tanto menor en vaquillas (Benesh 1965; Drost 1997; Hafez 1999).

Durante el ciclo estral de la vaca ocurren cambios morfológicos, endocrinos y secretorios en ovarios y genitales tubulares. El conocimiento de estos cambios es útil para la detección y sincronización del estro (Hafez y Hafez 2002).

4.2. Ciclo estral

El ciclo estral dura en promedio 20 d en las vaquillas y de 21d a 22 d en las vacas adultas (Hafez 1999), los cuales son interrumpidos por la gestación o por alguna enfermedad (King 1993). Las fases del ciclo estral se dividen en cuatro fases: proestro, estro, metaestro y diestro. El día 0 del ciclo estral es el día de celo o calor aparente, con signos manifiestos y se considera el día del comienzo del nuevo ciclo (Benesh 1965; Hafez 1999). Los principales acontecimientos son el desarrollo folicular, ovulación, luteinización y la regresión del cuerpo lúteo (Fernández de Córdova 1993). En el ciclo estral los ovarios sufren una serie de cambios que finalizan con la ovulación y la expulsión de un ovocito capacitado para ser fecundado por un espermatozoide e iniciar el desarrollo embrionario (Quíntela *et al.* 2006).

El estro es la etapa en que la hembra acepta la cópula o la monta de una compañera del hato. Esta conducta es determinada por un incremento significativo de las concentraciones de estradiol producido por un folículo preovulatorio y por la ausencia de un cuerpo lúteo (Galina & Valencia 2006). Al final del estro ocurre la ovulación seguida de la formación del cuerpo amarillo, lo que resulta en la secreción de progesterona (Hafez & Hafez 2002). La duración del estro es de 12 h a 18 h y varía de acuerdo con el tipo de ganado y las condiciones ambientales (Galina & Valencia 2006).

El metaestro es la etapa posterior al estro y tiene una duración de 4 d a 5 d (Galina & Valencia 2006), es cuando toma parte la formación del cuerpo lúteo (Colazo & Mapletoft 2014). Durante esta fase ocurre la ovulación y se desarrolla el cuerpo lúteo. Después de la ovulación se observa una depresión en el lugar ocupado por el folículo ovulatorio (depresión ovulatoria) y posteriormente aparece el cuerpo hemorrágico, el cual es el cuerpo lúteo en proceso de formación (Galina & Valencia 2006). Los tejidos celulares del folículo que ha ovulado son luteinizados por la LH organizando la formación del cuerpo lúteo y la secreción de progesterona (Palma 2001). Durante el metaestro, las concentraciones de progesterona comienzan a incrementar hasta alcanzar niveles mayores de 1 ng/mL, momento a partir del cual se considera que el cuerpo lúteo llegó a la madurez (Galina & Valencia 2006).

El diestro dura unos 14 d, del día 5 al 18 y está dominado por la progesterona, que pone en reposo al aparato genital y tranquiliza sexualmente a la vaca (Massimiliano 2005), aquí el cuerpo lúteo mantiene su plena funcionalidad, lo que se refleja en niveles sanguíneos de progesterona mayor de 1 ng/mL. Además, en esta fase se observan las ondas de desarrollo folicular, por lo cual se puede apreciar folículos de diferentes tamaños (Galina & Valencia 2006), la LH se secreta con una frecuencia muy baja y la FSH tiene incrementos responsables de las oleadas foliculares (Hernández 2016). Después de 12 d a 14 d de exposición a la progesterona, el endometrio comienza a secretar PGF2 α en un patrón pulsátil, el cual termina con la vida del cuerpo lúteo y con el diestro (Galina & Valencia 2006).

El proestro se caracteriza por la ausencia de un cuerpo lúteo funcional y por el desarrollo y maduración del folículo ovulatorio (King *et al.* 1993). Los estrógenos absorbidos desde los folículos circulantes en la sangre estimulan la creciente vascularización y el crecimiento celular de los genitales, como preparación del estro y la gestación subsecuente (Frandsen & Spurgeon 1995). En la vaca, el proestro dura de 2 d a 3 d, un proceso hormonal característico de esta etapa es el incremento de la frecuencia de los pulsos de secreción de LH que conduce a la maduración final del folículo ovulatorio, lo cual se refleja en un aumento de las concentraciones de estradiol. Cuando los niveles de estradiol alcanzan su nivel máximo provocan el estro y desencadenan el pico preovulatorio de LH, completándose así el ciclo estral (King *et al.* 1993)

El ovario realiza dos funciones principales. Una es la producción cíclica de óvulos fecundables. La segunda es la producción de una proporción balanceada de hormonas esteroides que mantienen el desarrollo del aparato reproductor, facilitan la migración del embrión incipiente y aseguran su implantación y desarrollo exitoso en el útero (Hafez y Hafez 2002).

4.3 Neuroendocrinología del ciclo estral

El ciclo estral es controlado por una cascada de hormonas que son secretadas inicialmente por el hipotálamo, el cual es una pequeña porción, pero muy importante del cerebro, y que regula algunas de las funciones corporales, El hipotálamo secreta un factor liberador de gonadotropinas (GnRH), el cual es transportado por

el sistema portal hipofisiario a la glándula pituitaria. El GnRH hace que la hipófisis secrete las hormonas gonadotrópicas, y estas son transportadas por la sangre al ovario, donde ambas modulan su actividad (McDonald 1991). Las hormonas son sustancias orgánicas químicamente complejas, de diversa naturaleza en función de la glándula que las produce, a pesar de que circulan por el torrente sanguíneo, las hormonas actúan limitadamente sobre un órgano diana, donde se encuentran receptores específicos (Massimiliano 2005).

El folículo crece por la acción de la FSH y la LH que son las que regulan el ciclo ovárico y son liberadas periódicamente. Los estrógenos ejercen un efecto de retroalimentación positiva a nivel del hipotálamo mediobasal (HMB), incrementa la secreción pulsátil de GnRH y de la hormona LH, e induce el pico preovulatorio de ambas hormonas, provocando la conducta de estro y ovulación (Arroyo *et al.* 2006).

En el sitio donde se dió origen a la ovulación se desarrolla una estructura llamada cuerpo lúteo (CL); este desarrollo dura aproximadamente 7 d, después de los cuales empieza la secreción de progesterona, la cual sensibiliza al útero produciendo un medio ambiente favorable para el desarrollo del embrión (Bearden y Fuquay, 1992).

La vida del CL es determinada por las prostaglandinas (PGF₂α), cuando no se presenta la preñez el útero libera la prostaglandina, produciendo regresión del cuerpo lúteo y un descenso en los niveles de progesterona (Gómez 1995).

4.3.1. Hormona liberadora de gonadotropina (GnRH)

Esta hormona induce la liberación tanto de la hormona luteinizante (LH), como de la hormona folículo estimulante (FSH). La función principal de la GnRH es inducir la síntesis y liberación de LH y FSH (IRAC 1998). La secreción pulsátil de los niveles basales de GnRH desde el centro tónico del hipotálamo previene la desensibilización del receptor de GnRH en las células gonadotrofas de la pituitaria anterior (Moenter *et al.* 1992).

4.3.2. Hormona folículo estimulante (FSH)

La producción de FSH y LH por parte de la hipófisis anterior viene controlada por la GnRH, este péptido hipotalámico se produce y secreta en la parte media basal del hipotálamo, en pequeñas cantidades a modo de pulsos controlados, que pueden ser modulados tanto en amplitud como en frecuencia (Dunlop & Henri Malbert 2004), lo cual provoca el crecimiento de un grupo de cinco a seis folículos, este proceso es conocido como reclutamiento (Hernández 2016).

La FSH estimula el crecimiento y maduración folicular ovárica (Hafez 1996), no causa la secreción de estrógeno del ovario por sí sola, sino que necesita de la presencia de LH para estimular la producción de estrógeno (Hafez & Hafez 2002). Las células de la granulosa son las que poseen receptores para la FSH y producen además de estradiol otra hormona llamada inhibina, la cual actuará junto con el estradiol suprimiendo la liberación de FSH por la hipófisis. La vida media de la FSH es de 2 h a 5 h (Irac 1998; de Alba 1985).

4.3.3. Hormona luteinizante (LH)

Actúa conjuntamente con la FSH para inducir la secreción de estrógenos a partir del gran folículo ovárico. La oleada preovulatoria de LH causa la ruptura de la pared folicular y por consiguiente la ovulación (Hafez 1996).

Es una glucoproteína compuesta de una subunidad alfa y una beta con un peso molecular de 30 000 daltons y actividad biológica media de 30 min (Hafez & Hafez 2002). Las células de la teca interna contienen receptores de LH. El pico preovulatorio de LH induce a una cadena de receptores enzimáticos que terminará en la ruptura de la pared folicular y por consiguiente ocurrirá la ovulación (Irac 1998).

4.3.4. Estrógenos

El estradiol es el principal estrógeno; estrona y estriol son otros estrógenos metabólicamente activos. Los estrógenos actúan en el útero incrementando la masa endometrial y miometrial. El incremento se debe tanto a hiperplasia como a hipertrofia celular (Irac 1998), los estrógenos también estimulan la producción de prostaglandinas por el útero (Hafez & Hafez 2002).

Cuando el folículo dominante crece, la FSH inducirá además la síntesis de receptores para la LH en la célula de la granulosa, aumentando aún más la producción de andrógenos que luego son transformados en estrógenos por parte del folículo dominante (Irac 1998).

4.3.5. Progesterona

Es secretada por las células luteínicas del cuerpo lúteo, por la placenta y la glándula suprarrenal. Prepara al endometrio para la implantación del embrión y el mantenimiento de la preñez, al incrementar el número de glándulas secretorias endometriales e inhibir la motilidad del miometrio. La regulación de la secreción de la progesterona en la vaca es estimulada principalmente por la LH (Hafez 1996 e Irac 1998).

La progesterona juega un papel importante en el mantenimiento de la gestación, se plantea que una cantidad insuficiente al inicio de la gestación puede provocar pérdida embrionaria, la cual varía de 20% a 30 % durante los primeros días de gestación en el ganado (Wendy *et al.*, 2009). En concentraciones altas la progesterona inhibe el estro y la oleada ovulatoria de LH, la P₄ es importante en la regulación del ciclo estral (Hafez & Hafez 2002).

4.3.6. Prostaglandina (PGF₂α)

La PGF₂α es una hormona producida en el endometrio que tiene como función provocar la regresión del cuerpo lúteo (CL), evento que marca el fin del diestro y el inicio del proestro (Aréchiga *et al.* 2002), son ácidos grasos derivados del ciclopentano, que se sintetizan a partir de un precursor común, el ácido araquidónico. Éste se deriva a su vez, de diversos fosfolípidos, como los de la membrana celular o bien se obtiene directamente de la dieta o indirectamente por la acción de una enzima acilhidrolasa (Sumano 2006).

Las prostaglandinas no se localizan en ningún tejido en particular, son transportados en la sangre para actuar en un tejido blanco lejos del lugar de producción. Algunas formas nunca aparecen en sangre mientras que otras son degradadas después de la circulación a través del hígado y pulmón (Hafez 2002).

El termino fase lútea, ocurre alrededor del día 15 y 16 del ciclo estral, en esta etapa, desciende la concentración de P_4 circulante ($P_4 < 1 \text{ ng/mL}$) como efecto de la acción biológica de la $\text{PGF}_{2\alpha}$ liberada por el endometrio uterino, estimulando la liberación de oxitocina proveniente del cuerpo lúteo, misma que estimula al útero para la liberación de $\text{PGF}_{2\alpha}$, causando la lisis o regresión del cuerpo lúteo y, en consecuencia, la presencia de estro, ovulación y el inicio de un nuevo ciclo (Frandsen 1998, Padilla *et al.* 1998, Baird 1992). La prostaglandina se secreta en pulsos con intervalos de 6 h a 8 h, requiriendo de cinco a seis episodios para que ocurra la luteólisis, si la $\text{PGF}_{2\alpha}$ no sigue este patrón de secreción no se llevara a cabo la regresión del cuerpo lúteo (Hernández 2016).

4.4. Dinámica folicular

Muchos folículos pueden llegar a desarrollarse durante el proceso de dinámica folicular; sin embargo, sólo uno será el folículo dominante seleccionado para ser ovulado. Este folículo se diferencia de los demás en que es estimulado coordinadamente por las hormonas FSH y LH para producir estrógenos (Lamb *et al.* 2009). Las oleadas de crecimiento y desarrollo folicular están caracterizadas por los cambios que sufren los folículos antrales del ovario durante unos días del ciclo estral (Illera 1994).

Siendo descritas dos o tres ondas de crecimiento folicular (CF) durante el ciclo estral (Borges *et al.* 2001), de los cuales sólo un folículo se tornará ovulatorio (Henao 2010). Estas ondas foliculares consisten en que un grupo de folículos antrales inician un crecimiento hasta 4 mm, y a partir de allí, se produce la selección de un folículo dominante, que continua con su crecimiento, mientras que los demás folículos se convierten en subordinados e inician un proceso de atresia. La emergencia de la primera onda folicular, sea en ciclos de 2 o 3 ondas, ocurre inmediatamente después de la ovulación, mientras que la segunda onda ocurre entre los días 9 o 10 en ciclos de 2 ondas foliculares y en los días 8 o 9 en los ciclos de 3 ondas foliculares, con una tercera onda emergiendo en los días 15 y 16 (Ginther *et al.* 1989).

Los folículos ováricos en bovinos crecen en ondas. Una onda folicular consiste en la emergencia sincrónica de un grupo de folículos antrales con un diámetro de 4

mm a 5 mm. Un folículo (dominante) se selecciona mientras el resto de los folículos (subordinados) se vuelve atrésico (Ginther *et al.* 1989).

La FSH y LH, son las responsables de la emergencia de las ondas foliculares y la selección de un folículo dominante (Ginther *et al.* 1996). Elevaciones de la concentración plasmática de FSH son responsables de la emergencia de una onda folicular, la que posteriormente es suprimida por productos de los folículos en crecimiento (Adams *et al.* 1992). El reclutamiento de ondas foliculares y la selección de un folículo dominante se realizan sobre la base de la respuesta diferencial a la FSH y la LH (Ginther *et al.* 1996). En cada onda, el folículo que primero adquiere receptores de LH se convierte en el folículo dominante, mientras que los subordinados (que siguen dependiendo de la FSH) sufren atresia (Adams *et al.* 1993; Adams 1998).

La supresión de la LH como consecuencia de la secreción de progesterona del cuerpo lúteo (CL) termina causando que el folículo dominante interrumpa sus actividades metabólicas lo cual lleva a la regresión, a un nuevo pico de FSH y a la emergencia de una nueva onda folicular (Adams *et al.* 1993).

La regresión luteal permite que aumente la frecuencia de pulsos de LH. El crecimiento del folículo dominante aumenta y se eleva la concentración de estradiol lo cual resulta en una retroalimentación positiva del eje hipotalámico hipofisiario, un pico de LH y la ovulación (Wiltbank 1997)

El desarrollo folicular se divide en dos etapas: basal y tónica. La basal (proceso independiente de las gonadotropinas) comprende el crecimiento del folículo desde los primeros estadios hasta que alcanza 3 mm a 4 mm de diámetro (Galina & Valencia 2006).

La etapa tónica (Regulada por las gonadotropinas) va desde que el folículo mide 3 mm a 4 mm de diámetro hasta que se convierte en preovulatorio (Galina & Valencia 2006).

Mediante el uso de la ultrasonografía ha sido posible confirmar que en los bovinos se desarrollan y atrofian de 2 a 3 ondas foliculares en cada ciclo estral (Basurto 1998).

En vacas de la raza Gyr (*B. indicus*), se ha reportado una alta incidencia de ciclos con tres o cuatro ondas de desarrollo folicular (Moreira 2000). De cada onda folicular en crecimiento, un folículo dominante sigue creciendo al tiempo que impide que los demás folículos crezcan más de 4 mm de diámetro (Hafez y Hafez 2002).

4.5. Ovulación

Los folículos preovulatorios experimentan tres cambios principales durante el proceso ovulatorio: a) maduración citoplasmática y nuclear del oocito, b) pérdida de la cohesividad de las células del montículo ovárico entre las células de la capa granulosa y c) adelgazamiento y ruptura de la pared folicular externa (Hafez 1996).

El pico preovulatorio de LH produce el adelgazamiento de la pared folicular culminando con la ovulación (Rosales-Torres & Guzmán-Sánchez 2008). Éste evento determina el inicio de la fase lútea; durante esta fase, el cuerpo lúteo es la principal estructura ovárica que se desarrolla y su función es la de secretar P_4 , la cual es esencial para el establecimiento y mantenimiento de la gestación en mamíferos (Frandsen 1998, Arosh *et al.* 2004). Después de producirse la ovulación, se forma un coágulo de sangre en el interior del folículo a consecuencia de la hemorragia producida por la ruptura celular (folículo hemorrágico) y que servirá de sustrato para el crecimiento de las células de la granulosa. A continuación, las células de la granulosa se hipertrofian y se proliferan rápidamente, acumulando lípidos y pigmentos carotinoideos (luteína) que le confiere un color amarillento (cuerpo lúteo). Esta estructura ahora formada bajo la acción de la LH y también de la prolactina, comienza a producir progesterona, la cual además de preparar el aparato reproductor para una posible gestación inhibe a nivel de la hipófisis la secreción cíclica de LH, impidiendo de esta forma nuevas ovulaciones. A medida que los niveles de progesterona decrecen debido a la regresión del cuerpo lúteo bajo la acción de la $PGF2\alpha$, varios folículos empiezan su crecimiento bajo la acción de los niveles de FSH (cada vez mayores), llegando a su crecimiento final en la fase folicular (Buxadé 1995).

4.6. Métodos de sincronización de estros

La sincronización de estros proporciona a los productores de ganado, un manejo efectivo para maximizar el potencial reproductivo de sus hembras, incorporando el mejoramiento genético en su rebaño (Leitman *et al.* 2009) y facilitando el uso de la inseminación artificial (Lane *et al.* 2008).

Éste método involucra la manipulación o el control del ciclo estral con la finalidad que las hembras elegidas dentro de un hato expresen celo (Monteiro 1989). En ganado bovino se ha utilizado para agrupar, el estro, en un periodo de tiempo determinado y con esto obtener porcentajes de gestación adecuados, aunque existen ciertos factores relacionados al manejo y al ambiente que afectan la eficiencia reproductiva de los bovinos en reproducción (Short *et al.* 1990). Dicha problemática ha intentado resolverse mediante diferentes métodos de sincronización del estro utilizando la combinación de tratamientos hormonales (Villa-Godoy y Arreguín 1993; Lucy *et al.* 2001).

La sincronización del estro es un método utilizado en programas de inseminación artificial para facilitar el manejo de los animales debido a la agrupación del celo y así darles servicio, pero la información acerca del uso de este procedimiento en razas cebuínas es escasa (Silva *et al.* 2002).

4.6.1. Sincronización de estro con progesterona

La sincronización de celo a través del uso de fármacos, ha sido utilizada para mejorar la eficiencia reproductiva en el ganado bovino; los tratamientos para sincronización de celo deben producir un estro fértil y una alta respuesta de sincronización (Soto 2001).

En la medida que decrece la precisión y la eficiencia de la detección de estros, aumenta la importancia de buscar alternativas sobre la utilización de programas de sincronización con inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) (Bridges *et al.* 2008).

La posibilidad comercial de la hormona liberadora de las gonadotropinas (GnRH) en la década de 1970, permitió su uso como tratamiento para los quistes foliculares. Así mismo, esta hormona también es utilizada al momento del servicio como una alternativa para asegurar la ovulación. (Drost & Thatcher 1992).

La administración de una GnRH a una vaca con un folículo dominante en crecimiento, induce la ovulación de éste con la emergencia de una nueva onda folicular aproximadamente 2 d más tarde (MacMillam & Thatcher 1991).

Lograr la eficiencia reproductiva puede ser difícil; sin embargo, el manejo reproductivo comprende dos estrategias para hacerlo: a) mejorar la tasa de servicio, y mejora de la tasa de preñes, a través del uso de protocolos de IA que incrementan la tasa de servicios, permitiendo una IA programada y eliminando la dependencia en la detección de estros; y b) identificación temprana de las vacas vacías post-servicio e implementación de una estrategia para retornarlas rápidamente al servicio. La identificación de vacas vacías post-servicio mejora la eficiencia reproductiva y la tasa de preñez, debido a la disminución del intervalo entre servicio y al incremento en la tasa de servicio (Vásquez 2009).

La sincronización de estro es una técnica con la cual el manejo reproductivo se puede mejorar, esta sincronización tiene como meta principal tanto la presentación de estro como la ovulación en un tiempo corto, ya que la primera medida de producción en un hato es tener una alta parición de becerros, además de destetar tantos becerros, como vacas fueron llevadas al empadre (Hafez y Hafez 2002).

Evans *et al.* (1937) descubrieron que la aplicación de dosis de progesterona a conejas inhibía la ovulación. Posteriormente, Christian y Casida (1948) publicaron la primera propuesta sobre la manipulación del ciclo estral de la vaca, utilizaron la progesterona con el fin de bloquear la función reproductiva, los resultados mostraron que la mayoría de los animales presentaron síntomas de celo. Más tarde, en 1971, Wilbank y Kasson verificaron que la adición de un estrógeno con efecto luteolítico (valerato de estradiol) al inicio del tratamiento, aumentaba la incidencia de los animales tratados y permitía la reducción del periodo de bloqueo con progesterona (Blanco *et al.* 2007).

Los progestágenos suprimen la secreción de LH y esto inhibe la ovulación durante el periodo de administración, el cuerpo lúteo sufre regresión natural y al retirar el tratamiento el estro se presenta en un lapso de 48 h a 96 h. Los primeros esquemas de sincronización con progestágenos fueron de 14 días, con éstos métodos, más de 90% de los animales presentaban estros de 2 d a 6 d después del retiro de la hormona; Sin embargo, la fertilidad lograda era muy baja. (Galina 2006). MacMillan

(1993); empieza a utilizar el CIDR B en el primer trabajo cuyo objetivo era determinar el efecto del tratamiento con CIDR B y el momento de la aplicación de PGF2 α en los porcentajes del celo y de preñez en vaquillonas Holstein.

Bhoraniya *et al.* (2012), realizaron trabajos con vacas en anestro postparto superiores a los 4 meses, obteniendo porcentajes de preñez que van desde 17% al 66% de las vacas tratadas. Estos resultados indican que los métodos de sincronización con progestágenos sirven como herramienta para la inducción y sincronización de celo y mejorar la tasa de concepción en el posparto de vacas en anestro.

4.6.2. Sincronización de estro con prostaglandina

El descubrimiento de la PGF2 α como la luteolisina uterina en varias especies domésticas, ha dejado marca en el desarrollo de la biotecnología reproductiva, a tal punto de que, la PGF2 α y sus análogos siguen siendo los agentes farmacológicos más utilizados en protocolos de sincronización de estros en ganado bovino (Bo 2002).

La prostaglandina es una hormona que regula la duración del cuerpo lúteo ya que induce la regresión del mismo (Adams 2001; De la sota *et al.* 2002) y, por otro lado, tiene una función importante al momento del parto, ya que es determinante para que se produzca las reacciones necesarias para que éste se lleve a cabo (Pérez y Pérez 2002).

En el ganado bovino y ovino, se conoce que la causa principal de luteólisis es la liberación episódica de PGF2 α , la cual se da por respuesta a la oxitocina producida en el endometrio del útero (Córner y Allen 1929; McCracken *et al.* 1984; Silvia *et al.* 1991).

Las prostaglandinas son utilizadas para la sincronización de celos en ganado, debido a que después de su aplicación, éste se presenta en 75 % de las hembras tratadas 5 d a 7 d después (Bo y Tegli 2005). Se ha encontrado que las prostaglandinas mejoran el transporte del semen a través del tracto reproductivo de la hembra, debido a que causa contracciones en la musculatura lisa uterina provocando la apertura del cuello uterino (Vane y Botting 1994; Phillippe *et al.* 1997;

Niswender *et al.* 2000) ayudando a la expulsión de fluidos, y potencialmente el transporte del semen al útero (cheng *et al.* 2003). La efectividad de esta hormona en el manejo reproductivo en vacas ha sido reportada por varios autores (Binder *et al.* 1974; Cruz *et al.* 1995; Doornbos y Anderson 1980).

El uso de las prostaglandinas con dosis reducida en vaquillas y vacas Holstein por vía submucosa intravulvar, ha mostrado respuestas similares entre el porcentaje de presentación de estros, fertilidad y luteólisis a la observada con una dosis completa y por vía intramuscular (Lozano *et al.* 1997).

4.6.3. Sincronización de estro con progesterona, estrógenos y prostaglandinas

En la búsqueda de una distribución más sincrónica del estro después del tratamiento con PGF2 α , ha llevado a los investigadores a combinarla con diferentes hormonas (López & Gatiús 2000).

La PGF2 α es efectiva sólo en vacas que tienen un cuerpo lúteo funcional (CL del día 6 al 17 del ciclo), en pruebas realizadas se ha obtenido una precisión de 80 % en la palpación de CL, lo cual significa que 20 % de las vacas a las que se les diagnostica un CL no lo tiene y, por tanto, no responde al tratamiento. Se han probado diferentes marcas de PGF2 α (naturales y análogos sintéticos), mediante la determinación de progesterona, y se ha concluido que todas ellas destruyen con la misma eficacia el CL (Galina & Valencia 2006).

Los tratamientos utilizados en el ganado *Bos indicus* para la sincronización de estros consisten en administrar 2 mg de benzoato de estradiol por vía intramuscular junto con la inserción de un dispositivo que contiene progesterona (CIDR[®], por sus siglas en inglés: Controlled Internal Drug Release) para sincronizar el desarrollo folicular y suprimir la ovulación al remover el dispositivo y administrar prostaglandinas en el día 7 para inducir luteólisis, además administrar 1 mg de benzoato de estradiol en el día 9, para sincronizar la ovulación, realizar la inseminación artificial a tiempo fijo entre las 48 h y 56 h después de la remoción del dispositivo (Bo & Baruselli 2002).

Cuando el folículo dominante completa su maduración produce niveles de estrógenos suficiente para provocar la liberación máxima de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), lo cual desencadena el pico preovulatorio de la LH. Esta secreción de LH provoca la ovulación e inicia los cambios necesarios para que el folículo se transforme en cuerpo lúteo, proceso conocido como luteinización (King 1993).

La PGF2 α se utiliza tanto para sincronizar el estro en grupos de vacas como para inducirlo en forma individual en vacas que tienen un cuerpo lúteo. La respuesta de los animales tratados es variable; en vaquillas se puede lograr hasta 95 % de efectividad en animales en estro, mientras que, en vacas adultas, particularmente vacas en lactación, la respuesta fluctúa entre 45 % y 70 % (Galina 2006). En vacas lecheras en lactación se recomienda 14 días de diferencia, pues en ellas la duración del ciclo estral tiene mayor variación, en vaquillas o novillas se puede optar por la doble inyección de PGF2 α con 11 d de separación (Galina & Valencia 2006).

A pesar de que la prostaglandina PGF2 α es el tratamiento más utilizado para la sincronización de celo en bovinos (Larson & Ball, 1992; Odde, 1990), si el tratamiento se administra cuando el ciclo estral está avanzado, puede que la luteólisis ya haya comenzado por la acción de la PGF2 α endógena (Seguin 1987).

Drost & Thatcher (1992); afirman que uno de los tratamientos más comunes de sincronización de celos es mediante el uso de la PGF2 α . Una de las desventajas es la falta de efectividad en la inducción de la luteólisis en los primeros 5 d o 6 días y la variabilidad en la distribución de presentación de celo en un periodo hasta de 5 días, debido al estado folicular al momento del tratamiento.

La IA se utiliza en un alto porcentaje, siendo la detección de celos el mayor problema para lograr una buena eficiencia reproductiva (Larson & Ball 1992). Los protocolos de IA con PGF2 α resultan en alta concentración de celos en un periodo de tiempo en el que se puede maximizar la detección de celo (Rusiñol & Cavestany 2011).

Cuando se induce la luteólisis con un tratamiento de PGF2 α , el comienzo del estro se distribuye en un periodo de 6 días (Seguin 1987). Esta variación se debe al estado del desarrollo folicular al momento del tratamiento (Kastelic *et al.* 1990).

Christian & Casida (1948); sugirieron la utilización de la progesterona con el fin de bloquear la función reproductiva. La progesterona reduce la frecuencia de los pulsos de LH, lo cual a su vez suprime el crecimiento del folículo dominante. Mientras que Rowson (1972); propuso un protocolo para sincronización de celo en bovinos utilizando PGF2 α como agente luteolítico. Antes del advenimiento de la PGF2 α , el estradiol se administraba (cerca del comienzo de un tratamiento con progestina de corta duración) para inducir la liberación endógena de PGF2 α y la luteólisis (Odde 1990).

A pesar de que originalmente se recomendaba, una inyección de progesterona para evitar una liberación de LH inducida por estrógenos en bovinos sin un CL, estudios más recientes han demostrado que el tratamiento con estradiol sólo en bovinos tratados con CIDR resultó en tasas de preñes que no difirieron significativamente del tratamiento con estradiol y progesterona (Colazo *et al.* 2004).

En programas de sincronización de celo, una dosis más baja (generalmente 1mg) de estradiol se administra 24 horas después de la remoción de la progestina. Esto sincroniza un pico de LH (aproximadamente 16 h a 18 h después del tratamiento) y la ovulación (aproximadamente 24 h a 32 h después del pico de HL) (Martínez *et al.* 1999; Martínez *et al.* 2005).

Se han obtenido los mejores resultados con los protocolos que combinan el uso de progestágenos y estrógenos o GnRH (Carbajal *et al.* 2005). La aplicación de estrógenos al retiro del progestágeno permite que se reduzca el tiempo en que se presenta la ovulación (Peralta *et al.* 2010).

4.7. Reutilización de dispositivos vaginales con progesterona

El presente estudio también pretende demostrar que los dispositivos intravaginales pueden ser reutilizados, debido a que la cantidad hormonal que contiene cada uno de ellos es de 1.9 g y la cantidad que las vacas necesitan para poder entrar en celo es de 0.36 miligramos diariamente por 15 días (Martínez 2011); de esta forma surge el cuestionamiento de que la concentración residual del progestágeno en el dispositivo intravaginal es capaz de inducir una sincronización de calores con similar tasa de gestación, cuando este se utiliza por segunda ocasión.

En el caso del CIDR[®], cuando es retirado de la vagina, aún contiene progesterona y la cantidad residual depende del tiempo que duro insertado, si su permanencia es de nueve días, retiene alrededor de 1.1 g de progesterona y si permanece 15 días retiene aproximadamente 0.9 g (MacMillan 1990). Bo & Baruselli (2002) obtuvieron 44.4 % y 73.4 % de preñeces en dos establecimientos en vacas cruzas de *Bos Taurus* x *Bos Índicus*, utilizando dispositivos vaginales usados. Reutilizar dispositivos vaginales para sincronizar calores, hace posibles similares porcentajes de gestación cuando se utiliza por segunda vez o más ocasiones (Martínez & Priego 2009).

4.8. Importancia del equipo de ultrasonografía

La ultrasonografía permitió descubrimientos importantes para la reproducción animal, posibilitando una mayor comprensión de los eventos que ocurren durante el ciclo estral (Gordon 1994). Es una técnica que utiliza ondas de sonido de alta frecuencia para producir imágenes de órganos internos. Los ecógrafos utilizados actualmente en veterinaria se denominan de Modo B y tiempo real; modo B se refiere a que la imagen bidimensional del órgano es representada por puntos brillantes de diferente intensidad, y se dice tiempo real debido a que los impulsos se transmiten constantemente, haciendo posible observar movimientos como latido cardiaco de un feto (Griffin 1992).

Este mayor conocimiento fue aplicado en programas de sincronización de celos e inseminación artificial, y en esquemas de mayor tecnología como la superovulación, transferencia de embriones y aspiración de folículos para fertilización *in vitro*. Mediante el uso de un ecógrafo es posible determinar con mayor eficacia el momento óptimo de comienzo de los tratamientos para obtener la mayor cantidad posible de embriones viables (Gordon 1994).

Una de las aplicaciones prácticas más empleadas de la ultrasonografía transrectal, es la evaluación del establecimiento o no de una preñez y su estado, al identificar a tiempo que una vaca servida no se encuentre gestante, es posible reducir el intervalo entre servicios, el aumento en la tasa de servicios y por ende los días abiertos (Fricke *et al.* 2002). La evaluación ultrasonográfica del útero es de gran importancia para identificar patologías, y durante el diagnóstico de gestación, por

lo cual debe ser visualizado detalladamente, evitando dar diagnósticos falsos negativos (Pierson *et al.* 1998).

En los últimos 10 años, se ha magnificado el problema de la mortalidad fetal temprana y muerte tardía del embrión después de 24 días de gestación. Con la llegada del ultrasonido es más fácil establecer con precisión la magnitud del problema (Diskin & Morris 2008).

El diagnóstico temprano de gestación es una de las aplicaciones más comunes de ultrasonografía en la reproducción bovina, debido a la importancia que tiene identificar vacas no gestantes en la eficiencia reproductiva, en las tasas de preñez y en el intervalo entre partos (España *et al.* 2005).

El diagnóstico precoz de gestación en la vaca, se puede realizar en forma práctica y rutinaria a partir del día 25 post-servicio, se dice que el examen ecográfico transrectal entre los días 26 y 33, tiene una sensibilidad de 97 % y una especificidad de 87 % (Horder 1996).

La dinámica folicular en el bovino, se utiliza la ultrasonografía para estudios de los efectos de los distintos tratamientos hormonales, y los diferentes tipos de protocolos para la manipulación del ciclo estral y la ovulación (Galina & Valencia 2008).

Durante la evaluación ecográfica, el embrión se visualiza como una estructura ecogénica de aproximadamente 10 mm dentro de una zona anecogénica, correspondiente al líquido alantoides, la cual se incrementa rápidamente después del día 28 y se extiende por todo el cuerno gestante; por su parte, después de 30 días de gestación, la membrana amniótica se distingue en las imágenes ecográficas como una banda ecogénica alrededor del embrión (Romano *et al.* 2006).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Localización geográfica

El trabajo experimental se llevó a cabo en la explotación de ganado bovino doble propósito “La Aurora” con un sistema de producción semi extensivo, ubicada en la localidad de Rio Grande, Tututepec, Juquila, Oaxaca. Esta población se encuentra localizada al Suroeste de la capital del estado de Oaxaca a 16°00′46″ latitud Norte y 97°26′15″ longitud Oeste del Meridiano de Greenwich, situado aproximadamente a 9 km del Océano Pacífico. El clima es cálido-húmedo con lluvias en verano, por lo que se generan temperaturas entre 25 C y 39 C oscilando en una media anual de 27 C y precipitación pluvial de 1300 mm distribuyéndose en 96 % de mayo a octubre (García 1987).

5.2. Selección y manejo de animales

El trabajo de campo del experimento se realizó de febrero a diciembre de 2016. Se utilizaron 41 vacas multíparas (*Bos Indicus x Bos Taurus*) en lactancia (un ordeño/día) no gestantes, no aplicación de oxitocina; y 35 vaquillas (*Bos Indicus x Bos Taurus*) no gestantes. Mediante la técnica de palpación con ultrasonografía transrectal se evaluó el diagnóstico temprano de preñez, las estructuras de ovario (cuerpo lúteo, folículo) identificó enfermedades de los ovarios y útero (quistes, metritis subclínica) para obtener información valiosa que indicara cuáles animales se encontraban en condiciones óptimas para realizar el experimento. La alimentación se realizó bajo condiciones de pastoreo extensivo con praderas establecidas con zacate estrella de África (*Cynodon plectostachyus*) y pastos nativos como el zacate bramilla (*Cynodon dactylum*).

5.3. Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizó en el presente estudio fue un factorial completamente al azar de 2x2 (4 tratamientos), teniendo como fuente principales de variación al protocolo de sincronización (Eazy-Breed CIDR®, Pfizer Animal Health, 1.9 g de progesterona) o prostaglandinas (Lutalyse®; Pfizer Animal Health),

la condición de las unidades experimentales (vacas y vaquillas) Además la interacción (hormona condición) de tal manera que los tratamientos fueron: Tratamiento 1 (T1, n=21 vacas) unidades experimentales en los que se usaron dispositivos intravaginales liberadores de progesterona nuevos de (Eazy-Breed CIDR®, Pfizer Animal Health, 1.9 g progesterona). Al momento de la inserción del dispositivo (d=0), se administró una inyección intramuscular con 2 mg (1 mL) de cipionato de estradiol (ECP®, Pfizer Animal Health). El dispositivo permaneció insertado por 10 d. al momento del retiro de los dispositivos, se administró una inyección intramuscular con 25 mg (5 mL) de PGF2α, (Lutalyse®; Pfizer Animal Health), más una inyección intramuscular con 1 mg (0.5 mL) de ECP®, Pfizer Animal Health. El dispositivo retirado se lavó con agua y se cepilló para retirar todo tipo de suciedad, se desinfectó utilizando una solución de amonio cuaternario (BIOFACT) diluida en agua 5 g/L en inmersión durante 10 min, una vez terminado el proceso de desinfección se secaron y se guardaron previo etiquetado de identificación de la vaca. Tratamiento 1 (T2, n=17 vaquillas) unidades experimentales en las que se usaron dispositivos intravaginales liberadores de progesterona nuevos (Eazy-Breed CIDR®, Pfizer Animal Health, 1.9 g progesterona). Al momento de la inserción del dispositivo (d=0), se administró una inyección intramuscular con un 2 mg (1 mL) de Cipionato de estradiol (ECP®, Pfizer Animal Health). El dispositivo permaneció insertado por 10 d; al momento del retiro de los dispositivos se administró una inyección intramuscular con 25 mg (5 mL) de PGF2α (Lutalyse®; Pfizer Animal Health), más una inyección intramuscular con 1 mg (0.5 mL) de ECP®, Pfizer Animal Health. El dispositivo retirado se lavó con agua y se cepillo para retirar todo tipo de suciedad, se desinfectó utilizando una solución de amonio cuaternario (BIOFACT) diluida en agua 5 g/L en inmersión durante 10 min, una vez terminado el proceso de desinfección se secaron y se guardaron previo etiquetado de identificación de la vaca (Santos, 2011). Tratamiento 3 (T3, n=20 vacas) en la sincronización de los animales se utilizaron dos aplicaciones de PGF2α (Lutalyse®; Pfizer Animal Health) (25 mg), con intervalos de aplicación de 10 d (d=0 y d=10) y Tratamiento 4 (T4, n=18 vaquillas) en la sincronización de los animales se utilizaron dos aplicaciones de PGF2α (Lutalyse®; Pfizer Animal Health) (25 mg), con intervalos de aplicación de 10 d (d=0 y d=10).

5.4. Protocolo de sincronización

Para la sincronización de estros en vacas y vaquillas se utilizaron dispositivos intravaginales liberadores de Progesterona nuevos (Eazy-Breed CIDR®, Pfizer Animal Health, 1.9 g progesterona) o Prostaglandinas (Lutalyse®; Pfizer Animal Health).

El dispositivo CIDR®, (Eazy-Breed CIDR®, Pfizer Animal Health, 1.9 g progesterona) al momento de la inserción del dispositivo se aplicó una inyección intramuscular (IM) de 2 mg (1 mL) de cipionato de estradiol (ECP®, Pfizer Animal Health). El dispositivo permaneció insertado durante 10 d. Al momento del retiro del dispositivo se administró por vía intramuscular (IM) 25 mg (5 mL) de PGF2α (Lutalyse®; Pfizer Animal Health). Mas una inyección intramuscular (IM) 1 mg (0.5 mL) de (ECP®, Pfizer Animal Health). Al momento de realizar la IA se aplicó una inyección IM de GnRH, 100 µg (2 mL) (gonadorelina sintética, Factrel®; Zoetis).

La sincronización de estros en vacas y vaquillas con prostaglandinas (Lutalyse®; Pfizer Animal Health) consistió en aplicar una primera inyección intramuscular de 25 mg (5 mL) de PGF2α al inicio del protocolo y una segunda aplicación de PGF2α a 10 d después de la primera aplicación.

5.5. Detección de estros

Las unidades experimentales fueron observadas para detección de estros 20 h post retiro del dispositivo o segunda aplicación de prostaglandina PGF2α (Lutalyse®; Pfizer Animal Health) para ser inseminadas a celo detectado 10 h posteriores. Las vacas y vaquillas que no mostraron celo fueron inseminadas a tiempo fijo 48 h después de haber retirado el dispositivo CIDR o de haber aplicado la segunda dosis de PGF2α.

5.6. Tratamientos

5.6.1. Tratamiento 1 (n=21 vacas)

Se usaron dispositivos intravaginales liberadores de progesterona nuevos de (Eazy-Breed CIDR®, Pfizer Animal Health, 1.9 g progesterona). Al momento de la inserción del dispositivo (d=0), se administró una inyección intramuscular con 2 mg

(1 mL) de cipionato de estradiol (ECP®, Pfizer Animal Health). El dispositivo permaneció insertado por 10 d, al momento del retiro de los dispositivos se administró una inyección intramuscular con 25 mg (5 mL) de PGF2α. (Lutalyse®; Pfizer Animal Health), más una inyección intramuscular con 1 mg (0.5 mL) de ECP® Pfizer Animal Health. El dispositivo retirado se lavó con agua y se cepillo para retirar todo tipo de suciedad, se desinfecto utilizando una solución de amonio cuaternario (BIOFACT) diluida en agua 5 g/L en inmersión durante 10 min, una vez terminado el proceso de desinfección se secaron y se guardaron previo etiquetado de identificación de la vaca (Santos 2011).

La detección de conducta estral se realizó de manera visual 20 h después del retiro del dispositivo CIDR®, se asumió que una vaca entró en estro cuando permaneció inmóvil al ser montada por otra vaca, la observación se realizó de forma permanente hasta las 48 h posteriores al retiro del dispositivo (Figura 1).

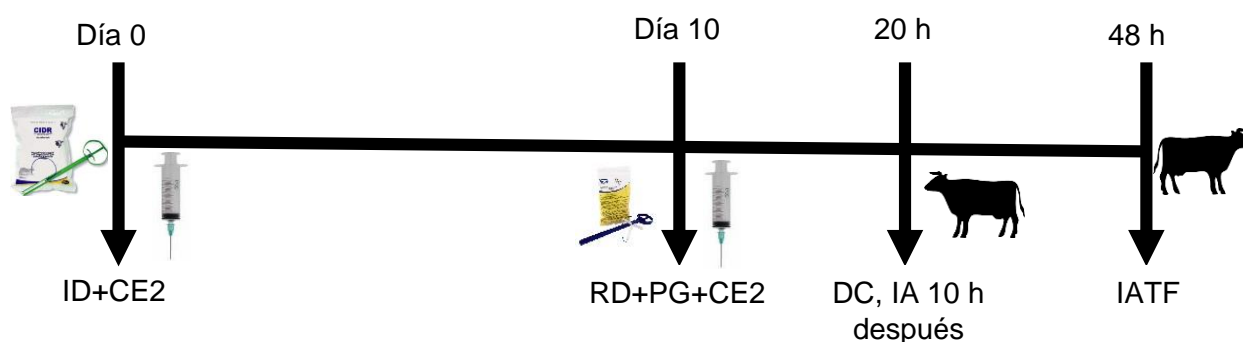


Figura 1. Esquema del protocolo de sincronización del tratamiento 1.

Referencias: ID: inserción del dispositivo, RD: retiro del dispositivo, DC: detección de celo, IATF: inseminación artificial a tiempo fijo, Día 0: inserción del dispositivo y la aplicación de 2 mL de cipionato de estradiol, Día 10: retiro del dispositivo e inyectar 25 mg de prostaglandina y 1 mg de cipionato de estradiol, 20 h después de retiro CIDR: inicio de la detección de celo, IA 10 h después de haber iniciado el celo, IATF: Las unidades experimentales que no manifestaron celo fueron inseminadas 48 h después de retirado el dispositivo.

5.6.2. Tratamiento 2 (n=17 vaquillas)

Se usaron dispositivos intravaginales liberadores de progesterona nuevos de (Eazy-Breed CIDR®, Pfizer Animal Health, 1.9 g progesterona). Al momento de la inserción del dispositivo (d=0), se administró una inyección intramuscular con 2 mg (1 mL) de cipionato de estradiol (ECP®, Pfizer Animal Health). El dispositivo permaneció insertado por 10 d al momento del retiro de los dispositivos se administró una inyección intramuscular con 25 mg (5 mL) de PGF2α (Lutalyse®;

Pfizer Animal Health), más una inyección intramuscular con 1 mg (0.5 mL) de ECP® Pfizer Animal Health. El dispositivo retirado se lavó con agua y se cepillo para retirar todo tipo de suciedad, se desinfectó utilizando una solución de amonio cuaternario (BIOFACT) diluida en agua 5 g/L en inmersión durante 10 min, una vez terminado el proceso de desinfección se secaron y se guardaron previo etiquetado de identificación de la vaca (Santo 2011).

La detección de conducta estral se realizó de manera visual 20 h después del retiro del dispositivo CIDR® se asumió que una vaquilla entro en estro cuando permaneció inmóvil al ser montada por otra vaquilla, la observación se realizó de forma permanente hasta las 48 h posteriores al retiro del dispositivo (Figura 2).

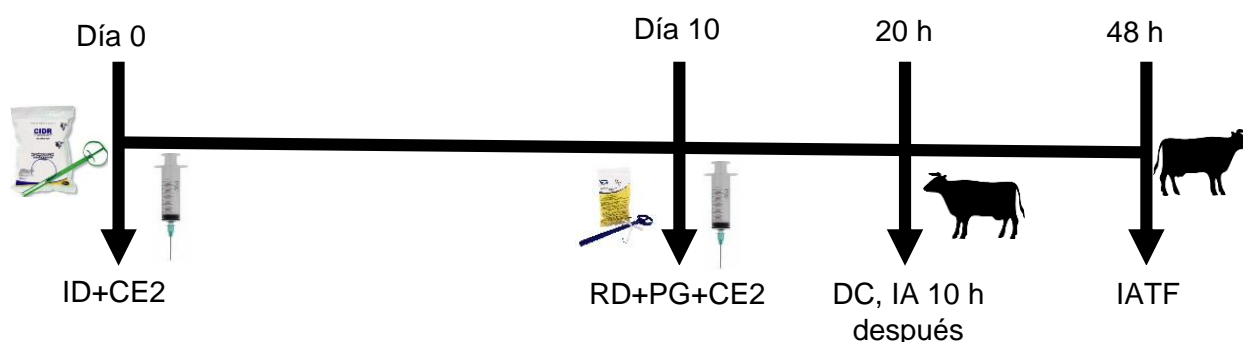


Figura 2. Esquema del protocolo de sincronización del tratamiento 2.

Referencias: ID: inserción del dispositivo, RD: retiro del dispositivo, DC: detección de celo, IATF: inseminación artificial a tiempo fijo, Día 0: inserción del dispositivo y la aplicación de 2 mL de cipionato de estradiol, Día 10: retiro del dispositivo e inyectar 25 mg de prostaglandina y 1 mg de cipionato de estradiol, 20 h después de retiro CIDR: detección de celo, IA 10 h después de haber iniciado el celo, IATF: Las que no manifestaron celo se inseminaron 48 h después de retirado el dispositivo.

5.6.3. Tratamiento 3 (n=20 vacas)

Tratamiento 3 (T3, n=20 vacas) en la sincronización de los animales se utilizaron dos aplicaciones de PGF2α (Lutalyse®; Pfizer Animal Health) (25 mg), con intervalos de aplicación de 10 d (d=0 y d=10).

La detección de conducta estral se realizó de manera visual 20 h después de realizar la segunda aplicación de PGF2α, se asumió que una vaca entra en estro cuando permaneció inmóvil al ser montada por otra vaca, la observación se realizó

de forma permanente hasta 48 h posteriores de la segunda aplicación de PGF2 α (Figura 3).

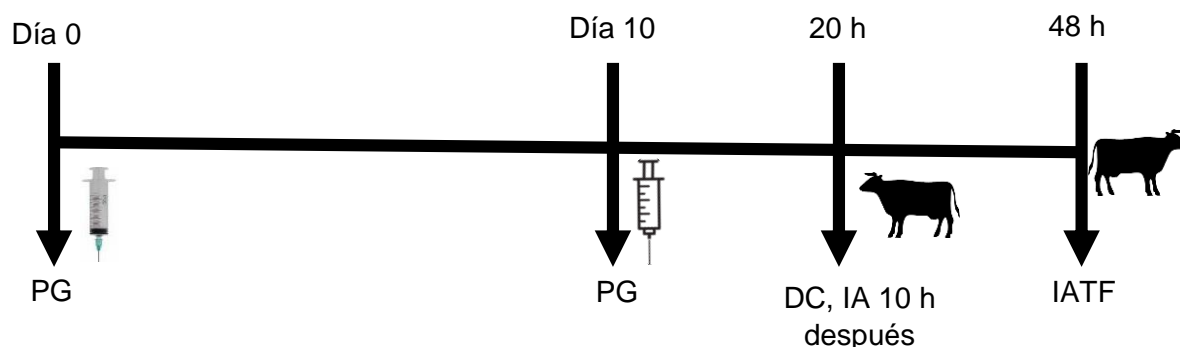


Figura 3. Esquema del protocolo de sincronización del tratamiento 3.

Referencias: PG: Aplicación intramuscular de prostaglandina (PGF2 α), DC: detección de celo, IATF: inseminación artificial a tiempo fijo, Día 0: aplicación de 25 mg de PGF2 α , Día 10: segunda aplicación de 25 mg PGF2 α , 20 h después de la segunda aplicación de PGF2 α : Detección de celo e IA 10 h después de haber iniciado el celo, IATF: Las que no manifestaron celo se inseminaron 48 h después de retirado el dispositivo.

5.6.4. Tratamiento 4 (n=18 vaquillas)

Tratamiento 4 (T4, n=20 vaquillas) en la sincronización de los animales se utilizaron dos aplicaciones de PGF2 α (Lutalyse®; Pfizer Animal Health) (25 mg), con intervalos de aplicación de 10 d (d=0 y d=10).

La detección de conducta estral se realizó de manera visual 20 h después de realizar la segunda aplicación de PGF2 α , se asumió que una vaquilla entro en estro cuando permaneció inmóvil al ser montada por otra vaquilla, la observación se realizó de forma permanente hasta 48 h posteriores de la segunda aplicación de PGF2 α (Figura 4).

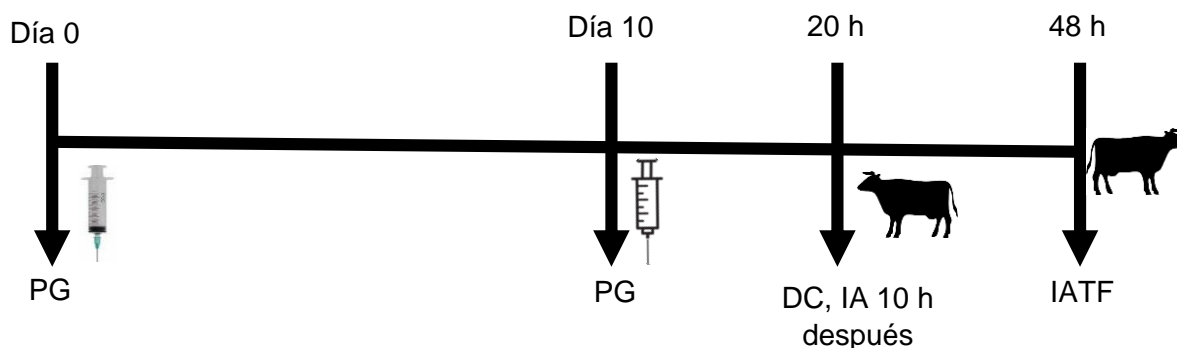


Figura 4. Esquema del protocolo de sincronización del tratamiento 4.

Referencias: PG: prostaglandina (PGF2 α), DC: detección de celo, IATF: inseminación artificial a tiempo fijo, Día 0: aplicación de 25 mg de PGF2 α , Día 10: segunda aplicación de 25 mg PGF2 α , 20 h después de la

segunda aplicación de PGF2 α : se realizó la detección de celo, IA 10 horas d de haber iniciado el celo, IATF: Las que no manifestaron celo se inseminaron 48 h después de retirado el dispositivo.

5.7. Resincronización

La resincronización consistió en hacer dos grupos (CIDR® nuevo, n=38 y CIDR® usados, n=38) para lo cual se realizó una distribución equitativa de los cuatro tratamientos de sincronización, tomando 50 % de las unidades experimentales (vacas o vaquillas) de cada uno de los 4 tratamientos de sincronización en función de sí mostraron o no estro.

La resincronización se realizó 7 d posteriores a la inseminación artificial, introduciendo en cada una de las unidades experimentales el dispositivo CIDR con permanencia de 14 d, se retiró y detectó celo a partir de las 20 h de retirado el dispositivo hasta 48 h. Las vacas que mostraron signos de celo evidente fueron inseminadas a las 10 h de la detección del celo y se administró una inyección intramuscular de GnRH (Factrel®; Pfizer Animal Health).



Figura 5: Esquema del protocolo de resincronización con dispositivo nuevo en vacas y vaquillas.

Referencias: ID: inserción del dispositivo, RD: Retiro del dispositivo, DC: detección de celo, IACD: inseminación artificial a calor detectado.



Figura 6: Esquema del protocolo de resincronización con dispositivo usado en vacas y vaquillas.

Referencias: ID: inserción de dispositivo, RD: Retiro del dispositivo, DC: detección de celo, IACD: inseminación artificial a calor detectado.

5.8. Diagnóstico de gestación

La tasa de preñez se determinó 35 d después del último o tercer servicio de inseminación mediante la técnica de ultrasonografía transrectal utilizando el ultrasonido marca Prosmed® PSP-Leo3000DI PLUS equipado con una sonda variable de 7.5 Mhz, a los 60 d de la IA.

5.9. Variables

Las variables evaluadas fueron: tasa de estro (en porcentaje), intervalo de retiro del dispositivo o aplicación de la segunda dosis de PGF2 α a celo mostrado, tasa de estro (por ciento de repetidoras a la primera y segunda resincronización) tasa de preñez a primer, al segundo y al tercer servicio (porcentaje).

5.10. Análisis estadístico de la información

La información se analizó mediante ji-cuadrada para proporciones (porcentaje de estros en la sincronización y en las resincronizaciones; y porcentaje de preñez al primer, segundo y tercer servicio) y un análisis de varianza con comparación de medias a través estadístico de prueba Tukey ($P=0.05$) para la variable intervalo de retiro de dispositivo CIDR o segunda aplicación de PGF2 α a estro mostrado, todo a través del programa estadístico (SAS 2003).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Tiempo de retiro del dispositivo CIDR a estro

En el presente estudio en cuanto a la proporción de estros presentados por tratamientos, luego de la evaluación de la variable TRC o TSAC no es afectada estadísticamente ($P > 0.05$) por el factor hormona, condición de la unidad experimental o interacción (27.81 % y 25.83 % respectivamente), resaltando que en unidades experimentales tratados con progesterona (P4) y en vaquillas (28.83 % respectivamente) tardan más en entrar o presentar celo. Estos resultados obtenidos son similares a los reportados por Martínez *et al.* (2010) y Solórzano *et al.* (2008), en los cuales no encontraron diferencias entre los grupos en la presentación de celos.

En los resultados obtenidos por Peralta-Torres *et al.* (2010), el tiempo transcurrido del retiro del CIDR a la observación del estro fue similar para los tres tratamientos que realizaron (T1=25 mg de PGF2 α y 0.5 mg de CE, T2=25 mg de PGF2 α y 0.5 mg de BE, T3=25 mg de PGF2 α), ($p > 0.05$), encontrándose entre 42 y 45 horas, en esta variable tampoco se encontró efecto significativo del tipo de hembra (novillas 43 ± 1.17 , vacas 45 ± 0.78 horas), García & De Jarnette (2003), en sus resultados observaron que el intervalo a la presentación del estro en novillas tratadas con CE en comparación con su grupo control fue de 51.4 vs 48.8 horas, por lo que concluyen que los tratamientos empleados afectan la proporción de hembras en estro, pero no el tiempo en que aparecen los signos del estro, los tiempos de retiro del dispositivo CIDR al estro de estos autores son mayores a los obtenidos en el presente trabajo.

6.2. Tasa de estro y gestación en la sincronización y resincronización

La tasa de estros es afectada por el factor hormona ($P < 0.05$) y no por el factor condición (86.84% y 28.95 % respectivamente), en la interacción se da el efecto ($P < 0.05$) pero esto es consecuencia del factor hormona (85.71 % y 88.24 % respectivamente). No se observó un efecto significativo de los tratamientos ($P > 0.05$) sobre el porcentaje de preñez acumulado al tercer servicio (Cuadro 2).

Resaltando mejor respuesta en tasa de preñez para vacas tratadas con PGF2 α (65.00 %) y en vaquillas tratadas con CIDR (70.59 %) respectivamente.

En los resultados obtenidos por Solórzano *et al.* 2008, los porcentajes de estros entre vacas sincronizadas con CIDR nuevo o reutilizados no fueron estadísticamente diferentes, se obtuvo el 90 % con CIDR nuevos, 88.4 % con dispositivos de primera reutilización y el 88.1 % con dispositivos de segunda reutilización.

Los resultados obtenidos en este trabajo al igual que otros estudios demuestran que las prostaglandinas actúan sólo en vacas que tienen cuerpo lúteo activo de 5 d. y menores para la que no lo presentan (Herlihy *et al.* 2011).

Por otra parte, los resultados que se obtuvieron en cuanto a la tasa de gestaciones en la primera resincronización, se encontraron que son similares a los obtenidos en un estudio realizado con vacas adultas Kankrej utilizando IATF (Lalibhai *et al.* 2011).

La tasa de concepción es baja a primer servicio, pero a segundo servicio se tiene una tasa de concepción aceptable para lograr los propósitos de eficientar la reproducción del hato en ganado doble propósito, La baja tasa de preñez puede estar asociada con el hecho de que las hembras *B. indicus* son más sensibles a los niveles circulantes de P4, liberados por los dispositivos vaginales (Alonso *et al.* 2007).

Cuadro 1. Tiempo de retiro a celo o tiempo de segunda aplicación de prostaglandinas a celo en vacas y vaquillas doble propósito sincronizadas con progesterona o prostaglandinas.

Fuente de Variación	Observaciones	Tiempo Retiro CIDR a Celo o tiempo de segunda aplicación de prostaglandina a celo (H)	Tiempo retiro CIDR a IA o tiempo de segunda aplicación de prostaglandina a inseminación artificial (H)
Hormona			
CIDR	33	27.81±1.18 ^a	37.64±1.15 ^a
PGF2α	11	25.83±2.45 ^a	35.22±2.07 ^a
Condición			
Vacas	24	25.84±1.34 ^a	35.93±1.32 ^a
Vaquillas	20	29.07±1.65 ^a	38.35±1.51 ^a
Interacción			
CIDR- Vacas	18	26.96±1.66 ^a	37.09±1.64 ^a
CIDR-Vaquillas	15	28.83±1.66 ^a	38.29±1.61 ^a
PGF2α-Vacas	6	22.51±1.35 ^a	32.48±1.29 ^a
PGF2α-Vaquillas	5	29.81±4.78 ^a	38.51±4.03 ^a

a=Medidas en misma columna y dentro de cada fuente de variación con diferente literal no difieren estadísticamente ($P>0.05$), IA= Inseminación artificial, PGF2 = Prostaglandina (Lutalyse; Pfizer Animal Health), CIDR= Dispositivo intravaginal liberador de progesterona (Eazy-Breed CIDR, Pfizer Animal Health, 1.9 g de progesterona).

Cuadro 2. Tasa porcentual de estros y de gestación al primero, segundo y tercer servicio en vacas y vaquillas doble propósito sincronizadas con progesterona o prostaglandinas.

Fuente de variación	N	Tasa de estros en la sincronización	Tasa de estros en la primera resincronización	Tasa de estros en la segunda resincronización	Tasa de preñez al primer servicio	Tasa de preñez al segundo servicio	Tasa de preñez al tercer servicio
Hormona							
CIDR	38	86.84 ^a	55.26 ^a	21.05 ^a	21.05 ^a	44.74 ^a	55.26 ^a
PGF2 α	38	28.95 ^b	55.26 ^a	28.95 ^a	15.79 ^a	47.37 ^a	55.26 ^a
Condición							
Vacas	41	58.54 ^a	58.54 ^a	26.83 ^a	12.20 ^a	43.90 ^a	53.66 ^a
Vaquillas	35	57.14 ^a	51.43 ^a	22.86 ^a	25.71 ^a	48.57 ^a	57.14 ^a
Interacción							
CIDR- Vacas	21	85.71 ^a	52.38	23.81 ^a	14.29 ^a	33.33 ^a	42.86 ^a
CIDR-Vaquillas	17	88.24 ^a	58.82 ^a	17.65 ^a	29.41 ^a	58.82 ^a	70.59 ^a
PGF2 α -Vacas	20	30.00 ^b	65.00 ^a	30.00 ^a	10.00 ^a	55.00 ^a	65.00 ^a
PGF2 α -Vaquillas	18	27.78 ^b	44.44 ^a	27.78 ^a	22.22 ^a	38.89 ^a	44.44 ^a

^{a,b}Valores en misma columna y dentro de cada fuente de variación con diferente literal presentan diferencia estadística ($P < 0.05$), PGF2 α = Prostaglandina (Lutalyse®, Pfizer Animal Health), CIDR= Dispositivo intravaginal liberador de progesterona (Eazy - Breed CIDR®, Pfizer Animal Health, 1.9 g de progesterona).

6.3. Tasa de estros e incremento de gestación por efecto de resincronización con dispositivo CIDR nuevo o usado

El utilizar CIDR nuevo o usado no afecta estadísticamente la tasa de estros y la tasa de preñez de las unidades experimentales en la resincronización ($P > 0.05$).

Porcentaje de preñez a primer servicio no se afecta estadísticamente ($P > 0.05$) entre los tratamientos (Cuadro 3). Los resultados son inferiores a los observados por Colazo *et al.* (2004) en vacas *Bos Taurus* con 63.8 % de preñez al primer servicio con CIDR nuevo, pero superiores a los obtenidos con CIDR de dos usos y de tres usos con valores de 47.9% en ambos casos. Bo y Cutain (s.f) observaron resultados inferiores en vacas *Bos indicus* de 48.5% con CIDR reutilizado por segunda vez y 43.6 % reutilizado por tercera vez, sin diferencia ($P>0.05$) entre los tratamientos.

Ledezma *et al.* (2015) obtuvo un promedio de resincronización de estros de 41.2 % y argumenta que la reutilización del CIDR posinseminación puede aumentar los porcentajes de preñez hasta 12.0 %, en comparación con los resultados regularmente obtenidos en el norte del país, por otra parte, Cutain *et al.* (2001) compararon en vacas y vaquillas *Bos Taurus x Bos indicus* dispositivos DIV.B nuevos y reutilizados por segunda vez, más una dosis de EB (benzoato de estradiol) y observaron resultados similares a los obtenidos en el presente estudio de 55% con DIV-B nuevos y 61.9% con DIV-B reutilizado por segunda vez, los porcentajes de resincronización obtenidos por Alnimer *et al.* (2008) y Colazo *et al.* (2006) fueron de 50.6 % y 78.2 % respectivamente, estos autores concluyen que el CIDR postIA sincroniza el siguiente estro en la mayor parte de los animales no gestantes.

Cuadro 3. Tasa porcentual de estros e Incremento en tasa de preñez por efecto de resincronización con dispositivo nuevo o usado en vacas y vaquillas doble propósito.

Fuente de Variación	Número de unidades experimentales	Estros en sincronización	Estros en R1	Estros en R2	Preñez al primer servicio	Preñez al segundo servicio	Preñez al tercer servicio
CIDR Nuevo	38	57.89 ^a	57.89 ^a	28.95 ^a	13.16 ^a	34.21 ^a	47.37 ^a
CIDR Usado	38	57.89 ^a	52.63 ^a	21.05 ^a	21.05 ^a	55.26 ^a	63.16 ^a

^a= Valores en misma columna con la misma literal son estadísticamente iguales ($P>0.05$), CIDR= Dispositivo intravaginal liberador de progesterona (Eazy - Breed CIDR®, Pfizer Animal Health, 1.9 g de progesterona).

7. CONCLUSIONES

- El protocolo de sincronización con progestágenos favorece mejor respuesta a expresión de celo en hembras bovinas sin importar la condición.
- El tiempo de respuesta, de la hembra bovina a celo manifiesto después de aplicársele el protocolo de sincronización con progestágenos o prostaglandinas, no difiere estadísticamente.
- La tasa de preñez a primer servicio, como respuesta al protocolo de sincronización, no es afectado por el factor hormonal, la condición de la unidad experimental ni sus interacciones.
- La resincronización es una actividad de manejo reproductiva que incrementa sustancialmente la tasa de preñez de uno a dos servicios, y de dos a tres servicios respectivamente; más no denota diferencia la tasa de preñez si el dispositivo es nuevo en relación a usado.
- Se requiere hacer estudios del comportamiento de otras variables relacionadas al estro como: número de montas permitidas por una hembra durante el estro, duración del estro, presencia y tamaño de folículos y/o cuerpo lúteo; concentraciones hormonales en plasma y durante la preovulación.

8. LITERATURA CITADA

- Adams G.P. 1998. Control of ovarian follicular wave dynamics in mature and prepuberal cattle for synchronization and superstimulation. Proceedings of XX congress of the World Association of Buiatrics; Sydney, Australia, pp. 595-605.
- Adams G.P, Kot K, Smith C.A, Ginther O.J. 1993. Selection of a dominant follicle and suppression of follicular grows in heifers. *Animal Reproduction Sciences* 30:259-271.
- Adams, G.P.; R.L. Matteri; J.P. Kastelic; J.ch. Ko; O Ginther. 1992. Association between surges of follicle stimulating hormone and the emergence of follicular waves in heifers. *J. Reprod. Fert.* 94:177.
- Adams H.R. 2001. Prostaglandins, related Factors and cytokines. Section 4. Chap 21st pp 420-432 En: Adams, H.R. *Veterynary pharmacology and therapeutics*. 8th Edition. Iowa State University Press/AMES.
- Adeyemo, O., U. U. Akpokodje, y P.I. Odile. 1979. Control of estrus in *Bos indicus* and *Bos Taurus* heifers with prosstaglandin F2 α . *Theriogenology* 12:255-262.
- Alnimer, M.A. y Lubbadeh, W.F. 2008. Effect of progesterone (P4) intravaginal device (CIDR) to reduce embryonic los and to synchronize return to oestrus of previously timed inseminated lactating dairy cows. *Animal Reproduction Science* 107(1-2):36-47.
- Alonso, V. Néstor., Morales, C. Andrés., Granada, J. Fernando., Mesa, Henry., Gómez, German., y Molina, J. José. 2007. Evaluación de cuatro protocolos de sincronización para inseminación a tiempo fijo en vacas *B. indicus* lactantes. *Revista científica* 17(5):501-507.
- Aréchiga, F. C. F., C. S. Galina. H., J. Hernández, C., A. I. Porras., L. E. Rangel., S. Romo, G., A. Saharrea., J. Valencia. & L. A. Zarco. 2002. *Mejoramiento animal reproducción*. 2da. Ed., UNAM, México, 235 pp.
- Arosh, J.A., S.K. Banu., P. Chapdelaine., E. Madore., J.Sirois. & M.A. Fortier. 2004. Prostaglandin Biosynthesis, Transport, and Signaling in Corpus Luteum: A Basis for Autoregulation of Luteal Function. *Endocrinology* 145:2551-2560.
- Arroyo, L.J., J. Gallegos-Sánchez., A Villa-Godoy., J.M. Berruecos. & J. Valencia-Méndez. 2006. Sistemas neurales de retroalimentación durante el ciclo reproductivo anual de la oveja: Una visión. *Interciencia* 31:8-15.
- Arthur, G.H., Noakes D.E.; Pearson, H.; Parkinson, T.J. 1996. *Veterinary Reproduction and Obstetrics*. Seventh Edition Saunders.

- Ax, L. R., A. R. Cropp, B. Pollard, S. N. Faber, T. C. McCauley, G. R. Dawson, y D. Fish. 2005. Uso de hormonas para incrementar las tasas de gestación. Memorias DIGITAL. 8-10 de septiembre. Delicias, Chihuahua, Chih. México.
- Bair, D.T. 1992. Luteotropic control of the corpus luteum. Anim. Reprod. Sci. 28:95-102.
- Basurto C.H, Alonso D.M.A, Gonzáles G.S. 1999. Eficiencia reproductiva en vacas cebú en amamantamiento restringido, tratadas con norgestomet y PMSG en empadre estacional en el trópico húmedo Memorias del XXIII Congreso Nacional de Buiatría. Asociación de Médicos veterinarios Especialistas en Bovinos, AC. México; 139.
- Basurto C.H, Alonso D.M.A, León SJ.1998. Dinámica folicular y respuesta ovulatoria en novillas Beetmaster (*Bos indicus* x *B. Taurus*) y Brahman (*B.indicus*) sincronizadas con CIDR-B y estradiol-B en el trópico húmedo de México. Memorias del XXII Congreso Nacional de Buiatría. Acapulco (Guerrero) México, Asociación de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos, AC. México; 360.
- Bearden.J. and T. Fuquay. 1992. Applied animal Reproduction. Missisipi State Univ. New Jersey.
- Benesh, F. 1965. Tratado de obstetricia y Ginecología veterinarias. México, Editorial Labor. pp.851
- Bhoraniya. L, Naikoo. M, Parmar. B, y Sarvaiya. 2012. Effect of estrus synchronization protocols on plasma progesterone profile and Fertility in postpartum anestrous Kankrej cows. Trop Anim Health Prod. 2012 jan 10. (Abstract)
- Binder D., Bowler J., Brown E.D., Crossley N.S., Hutton J., Senior M., Slater L., Wilkinson P., Wright N.C.A. 1974. 16-aryloxyprostaglandins: a new class of potent luteolytic agent. Prostaglandins 6:87-90.
- Blanco, D., Blanco, G.S., Ramírez, I., Fonte, L. 2008. Técnicas para la resolución del anestro verdadero en bovinos de aptitud cárnica. REDVET 9(3):1-10.
- Bo G.A. 2002. Dinámica folicular y tratamientos hormonales para sincronizar la ovulación en ganado bovino. XI Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal. 1-17 pp.
- Bo GA & Baruselli P.S. 2002. Programas de inseminación artificial a tiempo fijo en ganado bovino en regiones subtropicales y tropicales. Memoria XI Congreso de producción e industria Animal. 1-15 p.
- Bo, G.A. y Caccia, M. 2000. Ultrasonografía reproductiva en el ganado bovino. Rev. Taurus 2(5): 23-39.
- Bó, G.A.; L. Cutaia. S.f. Estado del arte en IATF: factores que afectan sus resultados. Resúmenes de estudios de reproducción animal. Instituto de reproducción

animal Córdoba (IRAC), Universidad católica de Córdoba, Agencia Córdoba Ciencia. 10 p.

- Bo G.A y Tegli. 2005. Sincronización de celos e inseminación a tiempo fijo en ganado de carne. El sitio de producción animal. Instituto de Reproducción Animal Córdoba y universidad católica de Córdoba. 1-4 pp. Consultado el 01 de septiembre de 2019 consultado en: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/41-sincronizacion_celos_ia.pdf.
- Boggio D.J.C., Caorsi C.A., García P.H., Algorta M., Gatica R., Correa J.E. 2002. Utilización de un dispositivo intravaginal con progesterona; efecto sobre la sincronización de celo y respuesta superovulatoria en ovejas Corriedale en Uruguay. Tesis de maestría. Facultad de Veterinaria. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. Borges, A.M., C.A.A. Torres., J.R.M. Rúas., V.R. Rocha. & G.R. Carvalho. 2001. Dinámica folicular ovariana em novilhas mestiças Holandês-Zebu. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 53(5):595-604.
- Bridges, G.A., L.A. Helser, D.E. Grum, M. L. Mussard, C.L. Gasser, y M.L. Day. 2008. Decreasing the interval between GnRH and PGF2a from 7 to 5 days and lengthening proestrus increases timed-AI pregnancy rates in beef cows. *Theriogenolog.* 69:843-851.
- Buxadé, C. 1995. Zootecnia Bases de Producción Animal, Tomo I, Editorial Mundi-Prensa, Madrid – España, pp.17- 41.
- Buxadé, C.1995. Zootecnia Bases de Producción Animal, Tomo II, Editorial Mundi-Prensa, Madrid – España, pp.243-245.
- Carbajal, B., T. De Castro., y E. Rubianes. 2005. Uso de un dispositivo intravaginal liberador de progesterona y benzoato de estradiol en animales en anestro y ciclando en rodeos lecheros de parición estacionada. *Taurus* 27:20-34.
- Cheng H., Althouse G.C., Hsu W.H. 2003. Concentrations of endogenous prostaglandin F2 α in boar semen and Effect of a 72-h incubation period on exogenous prostaglandin F2 α concentration in extended boar semen. *Prostag. Oth.Lipid Mediat.* 70, 285-290.
- Christian R., Casida L., 1948. The Effects of progesterone in altering the oestrous cycle of the cow. *Journal of Animal Sciences* 7: 540.
- Cisneros, S.P., O.J.A Saltijeral & V.A Sabás. 2005. La sustentabilidad de la ganadería bovina en la costa de Oaxaca. Sector productivo del instituto de capacitación y productividad para el trabajo del estado de Oaxaca.
- Colazo, M. 2004. Fertility in beef cattle given a new or previously used CIDR insert and estradiol, with or with outt progesterone. *Animal Reproduction Science.* 81 (2):25-34.

- Colazo M.G, Kastelic J.P, Martínez M.F, Whittaker P.R, Wilde R, Ambrose J, D, Corbett R, Mapletoft R.J. 2004. Fertility following fixed-time AI in CIDR treated beef heifers given GnRH or estradiol cypionate and fed diets supplemented with flaxseed or sunflower seed. *Theriogenology*. 61:1115-1124.
- Colazo, M.G., Kastelic, J.P., Mainar-Jaime, R.C., Gavaga, Q.A., Whittaker, P.R., Small, J.A., Martinez, M.F., Wilde, R.E., Veira, D.M. y Mapletoft, R.J. 2006. Resynchronization of previously timed-inseminated beef heifers with progestins. *Theriogenology*. 65(3):557-572.
- Colazo, M. G. & R. J. Mapletoft. 2014. Fisiología del ciclo estral Bovino. *Revista Ciencias Veterinarias* 16(2):31-46.
- Corner G.W. y Allen W.M. 1929. Physiology of the corpus luteum. II. Production of a special uterine reaction (progesteronal proliferatión) by extracts of the corpus luteum. *Am J Physiol*. 88:326.
- Cruz R.E., Soto J.A., Aranguren D.G. 1995. *Revista Argentina de Producción Animal*. 15 (3/4).
- Cutaia, L.; Tríbulo, R.; Alisio, L.; Tegli, J.; Moreno, D. Bó, G.A. 2001. Efecto de los tratamientos con dispositivos DIV-B nuevos o reutilizados en los índices de preñez en vacas y vaquillonas inseminadas a tiempo fijo (IATF). Resúmenes 4º Simposio internacional de Reproducción Animal. Huerta Grande, Córdoba. 244 p.
- De Alba, J. 1985, *Reproducción Animal*, Ediciones Copilco, S.A., D.F. –México, pp. 21-45.
- Dejarnete, J.M.; RB. House; W.H., Ayars; R.A., Wallace, C.E., Marshall. 2004. Synchronization of estrus in postpartum beef cows and virgin heifers using combinations of melengestrol acetate, GnRH, and PGF2a, *Journal of Animal Science*, 82 867-877.
- De la Sota R.L., Soto A.T., Gobello M.C. 2002. Farmacología del estro y del parto. Cap. 32 pp 423-434 En: Botana L.M., Landoni M.F., Martinez J.T *Farmacología y terapéutica veterinaria*. Primera Edición. Ed. Mc Graw Hill. Interamericana.
- Díaz G., Galina C., Basurto C., Ochoa G. 2002. Efecto de la progesterona natural con o sin la adición de benzoato sobre la presentación de celo, ovulación y gestación en animales tipo *Bos indicus* en el trópico Mexicano. *Arch. med. vet.* 34(2): 283-286
- Diskin MG & Morris DG. 2008. Embryonic and Early Foetal Losses in Cattle and Otrer Ruminants. *Reprod Dom Anim* 43 (suppl.2), 260-267).
- Doornbos D.E. y Anderson D.C.J. 1980. Anim. Performance of crosses among Hereford, Angus and Simmental cattle with different levels of Simmental

- breeding: V. calf production, milk production and reproduction of three-to eight year-old dams. Sci. 68(7):1910-1921.
- Drost, M. 1997. Strategies to increase pregnancy rates. Proceedings of the Thirteenth Annual Conference American Association of Bovine Practitioners 32(2):195.
- Drost, M.; W.W. Thatcher. 1992. Application of gonadotrophin releasing hormone as a therapeutic agent in animal reproduction. Anim. Reprod. Sci. 28:11-19.
- Dunlop, R., & Henri Malbert, C. (2004). *Fisiología Veterinaria*. Zaragoza: Acribia.
- España, F.; C. C. Pérez; I. Rodríguez; J. Dorado y M. Hidalgo (2005). "Estudio comparativo de la eficiencia del diagnóstico precoz de gestación en vacuno mediante ecografía luteal y progesterona plasmática". Veterinaria 4(1): 1-13.
- Espinal A.M., Cedeño M.A. 2009. Efecto de los dispositivos intravaginales DIB nuevos o usados y retirados el día 8 ó 9 sobre los porcentajes de sincronización de celos y preñez en vacas cebuínas. Proyecto especial del programa de ingeniero agrónomo. Escuela agrícola panamericana, Tegucigalpa, Honduras. 14 p.
- Evans, J.M. 1937. Veterinary uses of progestagens. N.Z. Vet.J. 24:25-34.
- Fernández de Córdova BLF. Reproducción aplicada en el ganado bovino lechero. Ed., Trillas, México, 1993, p. 129
- Flores JOA, Roque VCI, López OR, Benítez SS, Oropeza AMA y Hernández CJ. 2013. Porcentaje de concepción en vacas lecheras tratadas con progesterona cinco días después de la inseminación. Rev Mex Cienc Pecu 4(4):507-514.
- Folman Y, Kaim M, Herz Z, Rosenberg M. 1990. Comparison of methods for the synchronization of estrous cycles in dairy cows. 2. Effects of progesterone and parity on conception. Journal Dairy Science 73:2817-2825.
- Frandsen, R.D. 1998. Anatomía y fisiología de los animales domésticos. Aspectos fisiológicos de la reproducción de la hembra. Cuarta edición. McGraw-Hill. México. 560 pp.
- Frandsen, R.D. & T.L. Spurgeon. 1995. Anatomía y fisiología de los animales domésticos. 5ta. Ed., McGraw-Hill. México, 527 pp.
- Fricke, P.M. 2002. Scanning the Future Ultrasonography as a Reproductive Management Tool for Dairy Cattle. J. Dairy Sci; 85:1918-1926.
- Galina, C.S, Valencia J. 2008. Reproducción de los animales domésticos. Limusa 3ª Edición; 6: 117-124; 543-569.
- Galina, C.S & Valencia, M.J. 2006. Reproducción de los animales domésticos. 2 ed. México (DF); Limusa.

- García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. Cuarta edición. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.
- García, A. y De Jarnette, M. 2003. The effects of gonadotropin-releasing hormone (GnRH) or estradiol cypionate (ECP) treatment at CIDR insertion on reproductive performance of virgin beef heifers. *Theriogenology*. 59(1):219.
- Ginther, O.J, Kastelic J.P, Knopf L. 1989. Composition and characteristics of follicular waves during the bovine estrous cycle. *Animal Reproduction Sciences* 20:187-200.
- Ginther, O.J Wiltbank M.C, Fricke P.M Gibbons J.R, Kot K.1996. Selection of the dominant follicle in cattle. *Biology Reproduction* 55: 1187-1194.
- Gómez, J.A. 1995. Efecto de la utilización de un producto sincronizador sobre la inducción y sincronización de estros con respecto a la condición corporal en ganado de carne. Tesis de la Licenciatura. Depto. de M.V.Z. ITSON.
- González, L.A. 2010. Comparación entre el crestar y CIDR como sincronización de celos sobre el comportamiento reproductivo de vacas lecheras con anestro postparto. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 12 p.
- Gordon, I. 1994. Laboratory production of cattle embryos. Cambridge: CAB International. Griffin, P. G. and O.J. Ginther, 1992. Research application of ultrasonic imaging in reproductive Biology. *J. Anim. Sci.* 70: 953.
- Hafez, E.1999. Reproducción e inseminación artificial en animales. 6ª ed. México, D.F. Ed. Interamericana, S.A.247 p.
- Hafez, E.S.E., 1996, Reproducción e Inseminación Artificial en Animales, Interamericana, D.F.- México, pp.66 -103.
- Hafez, E.S.E., Hafez B. 2002 reproducción e inseminación artificial en animales. México; McGraw Hill.
- Hafez, E. S. E. (2002). Reproducción e inseminación en animales Domésticos. México: McGraw Hill interamericana.
- Henao, R.G. 2010. Algunos factores relacionados con la dinámica folicular en *Bos Indicus*. *Rev. Fac. Agron.* 63(2):5577-5586.
- Herlihy, M. M., Crowe, M., Diskin, G., Butler, S. 2011. Effects of Synchronization treatments on ovarian follicular dynamics, corpus luteum growth, and circulating steroid hormone concentrations in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 95: 743-754.

- Hernández, C. J. 2016. Fisiología clínica de la reproducción de Bovinos lecheros. Primera edición. Universidad Autónoma de México. Ed. secretaria de vinculación y proyectos especiales. 172 pp.
- Hernández, L.J.J., Román, P.H. y González, P.E. 1984. Comportamiento reproductivo del ganado bovino lechero en clima tropical. 3. Efecto de la temperatura y humedad relativa sobre el porcentaje de concepción en vacas Holstein y Suizo Pardo. Tec. Pec. Mex. 46:9-18.
- Horder, M., Barnett, S., Edwards.1996. M. Diagnostic ultrasound in veterinary practice: how safe is it Australian Vet. Journal 73:10-15.
- Hurnjk, J.F., G, J King, H, A Robertson. 1975. Estrous and related behaviour in post partum Holstein cows, Appl. Anim. Ethology 2:55-68.
- Illera, M.M. 1994. Reproducción de los animales domésticos. Barcelona: Mundi-prensa, p. 59-96.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). 2003. Nuevas biotecnologías reproductivas. Consultado el 25 de Diciembre de 2015, en: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/79-nuevas_reproductivas.pdf.
- Irac, 1998, Curso de Post-Grado en Reproducción Bovina, Modulo I, Bs. As.- Argentina, pp. 21 – 57.
- Kastelic J.P, Knopf L, Ginther, O.J. 1990. Effect of day of prostaglandin F2 α treatment on selection and development of the ovulatory follicle in heifers. Animal Reproduction Sciences 23:169-180.
- King, G.J. 1993. Reproduction in domesticated animals, Ámsterdam: Elsevier Science; King, G.J.1996. Efectos climáticos sobre la eficiencia reproductiva en vacas lecheras. En: S. Recabarren (Ed): Bioclimatología, infraestructura y reproducción en rebaños de Alta producción. II Simposio Internacional de Reproducción Animal. Univ. de Concepción, Chillan, pp 33-46.
- Laljibhai, B. H., Dhami, A., Naikoo, M., Parmar, B. C. Sarvaiya, N. P. 2011. Effect of estrus synchronization protocols on plasma Progesterone profile and fertility in postpartum anestrous Kankrej cows. Tropical Animal Health and Production. 10: 1007- 1015
- Lamb, G.C., M.F. Smith, G.A. Perry, J.A. Atkins, M.E. Risley, D.C.Busch, and D.J. Patterson. 2009 Reproductive Endocrinology and Hormonal Control of the Estrous Cycle. North Florida Research and Education Center, University of Florida.

- Lammoglia M., Short S., Bellows R., Bellows M., Macneil H. y Haf S. 1998. Induced and synchronized estrus in cattle: dose titration of estradiol benzoate in peripuberal heifers and postpartum cows after treatment with and intravaginal progesterone realizing insert and prostaglandin F2 α . J Anim Sci. 76:1662-1670.
- Lane, E.A., Austin, E.J., Crowe, M.A. 2008. Oestrus synchronization in cattle-Current options following the EU regulations restricting use of oestrogenic compounds in food-producing animals: A review. Animal Reproduction Science 109(1-4):1-16.
- Larocca C, Lago I, Fernández A, Roses G, Lanza R, Ugon P, Devincenzi J. Alternativas para la sincronización del estro en vaquillonas Holstein Uruguayo (HU). 2005; 2: 45-67. [En línea]: (<http://www.serbi.luz.edu.ve/scielo.php>. Revista, 01 Jul. 2010).
- Larson L.L, Ball P.J.H. 1992 Regulation of estrous cycles in dairy cattle: a review. Theriogenology, 38:255-267.
- Ledezma, R., Garza, D., Moreno, Gustavo, Manzanares, N., Picón, F., Ramírez, R. y Sánchez, F. 2015. Efecto del CIDR posinseminación sobre la tasa de preñez en vacas de carne. Ciencia UNL. 18(73):62-68.
- Leitman N.R., Busch D.C., Mallory D.A., Wilson D.J., Eilersieck M.R., Smith M.F., Patterson D.J. 2009. Comparison of long-term CIDR-based protocols to synchronize estrus in beef heifers. Animal Reproduction Science 114(4):345-355.
- Lopez-Gatius, F. 2000. Short synchronization system for estrus cycles in dairy heifers: a preliminary report. Theriogenology, 54:1185-1190.
- Lozano D.R.R., Córdova S.A., Villagómez A.E. 1997. Efecto de la dosis reducida de un análogo de la prostaglandina (Luprostiol) por vía submucosa intravulvar en la luteólisis y manifestación del estro en vacas Suizo Pardo. Vet Mex. 28:197-202.
- Lucy M.C., Billings H.J., Butler W.R., Ehnis L.R., Fields M.J., Kesler D.J., Kinders J.E., Mattos R.C., Short R.E., Thatcher W.W., Wettemann R.P., Yelich J.V., Hafs H.D. 2001. Efficacy of an intravaginal progesterone insert and an injection of PGF2 α for synchronizing estrus and shortening the interval to pregnancy in postpartum beef cows, peripubertal beef heifers, and dairy heifers. J Anim Sci. 79:982-995.
- Mac Dougall S, Burke K, Macmillan N, Willianson D. 1992. Effect of pre-treatment with progesterone on the oestrus response to estradiol-17 β benzoate in the postpartum dairy cow. Proc.NZ. Soc Animam Prod. 52:157-160.
- Mc Cracken J.A., Schramm W., Okulicz W.C. 1984. Hormone receptor control of pulsatile secretion of PGF2 α during luteolysis and its abrogation in Early pregnancy. Anim. Reprod. Sci. 7:31-55.

- MacMillan K., Peterson A., 1993. A new intravaginal progesterone releasing device for cattle (CIDR-B) for estrus synchro-nization, increasing pregnancy rates and the treatment of post-partum anestrus. *Anim. Reprod. Sci.* 33:125-131.
- McDonald, L.E. 1991. Reproducción y endocrinología veterinaria. Ed. Interamericana. 2da. Edición. México D.F.
- MacMillan, K.L.; W.W. Thatcher. 1991. Effects of an agonist of gonadotropin-releaasing hormone on ovarian follicles in cattle. *Biol. Reprod.* 45: 883-889.
- MacMillan, K.L, Washburn S.P, Henderson H.V, Petch S.F. 1990. Effects of varying the progesterone content of CIDR intravaginal devices and multiple CIDR treatments on plasma hormone concentrations and residual hormone content. *Proc NZ Soc Anim Prod.* 50:471-472.
- Martínez, M.F, Kastelic J.P, Adams G.P, Cook R.B, Mapletoft R.J. 1999. Synchronization of ovulation for fixed-time insemination in heifers. *Theriogenology* 51:23-33.
- Martínez, M.F, Kastelic J.P, Bo G.A, Caccia M, Mapletoft R.J. 2005. Effects of oestradiol and some of its esters on gonadotropin release and ovarian follicular dynamics in CIDR-treated beef cattle. *Animal Reprodución Sciences* 86:37-52.
- Martínez, G., Martínez J.J., Izaguirre F., García C.G., Sánchez L., Soto J.A. 2010. Reutilización de dispositivos intravaginales y su efecto en el comportamiento reproductivo en vacas doble propósito. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Chiapas, México.
- Martínez, P. 2011. Utilización de Dispositivos Intravaginales (CDR-B) Nuevos y Usados en Vacas de Doble Propósito y su Efecto en la Tasa de Preñez, Tesis de Especialización Bovina, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.iracbiogen.com.ar/admin/biblioteca/documentos/TESIS%20ULTIMA%20BOHORQUEZ%20-%20MARTINEZ%20CORDERO.pdf> (consultado el 27 de junio 2016).
- Martínez-Priego, G. 2009. Reutilización de dispositivo intravaginales de liberación controlada y su efecto en su porcentaje de gestación en vacas Brahman. Tesis de maestría. Colegio de posgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México. 64 pp.
- Massimiliano, Elli. 2005. Manual de reproducción en ganado vacuno. Ed., Servet. España. 178 pp.
- Moenter, S.M., Brand, R.C. y Karsch, F.J. 1992. Dynamics of gonadotropin-releasing hormone (GnRH) secretion during the GnRH surge: insights into the mechanism of GnRH surge induction. *Endocrinology* 130(5):2978-2984.

- Monteiro H.A.E. 1989. Controlo hormonal de reproducao: Terapeutica de disturbios reproductivos no pos-parto e sincronizacao do ciclo. *A vaca leiteira* 3(19):42-47.
- Moreira, V. J.H., A. De Moraes, F., W. Ferreira De Sa e L.S. De Almeida C. 2000. Follicular dynamics in zebu cattle. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 35(12):2501-2509.
- Niswender, G.D., Juengel, J.L., Silva, P.J., Rollyson, M.K., Mc Intush E.W. 2000. Mechanisms controlling the function and life span of the corpus luteum. *Physiol. Rev.* 800:(1):1-29.
- Odde, K.G. 1990. A review of synchronization of estrus in postpartum cattle. *Journal Animal Sciences*, 68: 817-830.
- Padilla, R.F., S.G. Mapes. & K.F. Jiménez. 1998. Perfiles hormonales durante el ciclo estral de la oveja. *Téc. Pec. Méx.* 26:96-108.
- Palma, Gustavo. 2001. *Biotecnología de la reproducción*. Ed. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, Argentina. 695 pp.
- Peralta, T., J. R. Aké, F. G Centurión, y J. G. Magaña. 2010. Comparación del cipionato de estradiol vs benzoato de estradiol sobre la respuesta a estro y tasa de gestación en protocolos de sincronización con CIDR en novillas y vacas *Bos indicus*. *Universidad Juárez del Estado de Tabasco. Uniciencia.* 26(2):163-169.
- Pérez J.F. y Pérez P.F. 2002. *Tocoginecología. Nuevos planteamientos. Parte I.* *Fac Boletín Veterinario.* 8 pp.
- Perry, G. 2004. *The Bovine Estrous Cycle*. South Dakota State University – Cooperative Extensión Service – USDA. Pub. FS921A.
- Phillipe, M., Saunders T., Basa A. 1997. Intracellular mechanisms underlying prostaglandin F₂ α stimulated phasic myometrial contractionns. *Am. J. Physiol.* 273 Endocrinol. Metab. 36: E665-E673.
- Pierson, R. A.; J. P. Kastelic y O.J. Ginther 1998. Basic principles and techniques for transrectal ultrasonography in cattle and horses. *Theriogenology* 29(1): 3-20.
- Quíntela, A.L.A., Díaz P.C, García H.P.J., Peña M.A.I y Becerra G.J.J. 2006. *Ecografía y reproducción en la vaca*. Ed., SPIC, España, p. 92.
- Randel, R.D. 1994. Unique reproductive traits of Brahman and Brahman based cows. In: *Factors affecting calf crop*. Ed.; M.J. Fields and R.S. Sand. CRC Press, pp. 23-43.
- Rosales-Torres, A.M. & Guzmán-Sánchez. 2008. Apoptosis en la atresia folicular y la regresión del cuerpo lúteo. *Revisión. Téc. Pec. Méx.* 46:159-182.

- Romano, J. E.; J. A. Thompson, D. W. Forrest, M. E. Westhusin, M. A. Tomaszewski y D. C. Kraemer. 2006. "Early pregnancy diagnosis by transrectal ultrasonography in dairy cattle". *Theriogenology* 66(4): 1034-1041.
- Rowson L., 1972. Synchronisation of estrus in cattle by means of prostaglandin F2a. *Proc. VII Int. Congr. Anim. Reprod. Artif. Insem*, 2: 865.
- Rusiñol, C., Cavestany, D. 2011. Comparación de tres métodos de sincronización de celos y ovulaciones con y sin inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en vaquillonas para carne. *Veterinaria Uruguay* 47:25-30.
- Santos, O. 2011. Efecto del tratamiento con D.I.B. de Tercer uso en Protocolos de Sincronización y Resincronización en Inseminación a Tiempo fijo de Novillas Brahmán. <http://www.engormix.com/MA-ganaderiacarne/genetica/articulos/inseminacion-en-bovinos-t3604/103-p0.htm>
- SAS. 2003. SAS User's Guide (Release 9.0). Statistics SAS Inst.Inc., Cary. NC.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (1997). Primer Foro de Análisis de los Recursos Genéticos de la Ganadería Bovina. Hacia los Establecimientos del Programa Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios. SAGAR, UTA, CNC. México DF, 17-19 de noviembre de 1997.
- Secretaria de Hacienda y Crédito Público. 2014. Panorama de la carne y leche de bovino. México D.F Disponible en: [http://www.financiararural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Panorama%](http://www.financiararural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Panorama%a%)
- Seguin, B. 1997. Strategies for estrus control to improve dairy reproductive performance. *Proceeding of the Annual Meeting of the Society for Theriogenology*, pp. 320-331.
- Seguin, B. 1987. Control of the reproductive cycle in dairy cattle. *Proceedings of the Annual Meeting of the Society of the Theriogenology*. pp: 300-308.
- Senger, P.L. 2003 *Pathways to pregnancy and parturition*. 2 ed. Ephrata (PA): Current Conceptions.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca. 2014. Población ganadera. México D.F. Disponible en: http://www.siap.gob.mx/opt/poblagand/Bovinos_carne_leche.pdf. Fecha de consulta 12 de agosto de 2015.
- Shearer, J.K. 2003. *Reproductive Anatomy and Physiology of Dairy Cattle*. Animal Science Department, Florida Cooperative Extension Service. University of Florida.

- Short R.E., Bellows R.A., Staigmiller R.B., Berardinelli J.G., Custer E.E 1990. Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *J Anim Sci.* 68:799-816.
- Silva, M.C., Guzmán C.R., Delgado L.R., Aké L.K. 2002. Respuesta de novillos Brahman a la sincronización del estro coprogestágenos; conducta sexual y tasa de gestación. *Rev. Biomed.* 13:265-271.
- Silvia, W.J., Lewis G.S., McCracken J.A., Thatcher W.W., Wilson L.1991. Hormonal regulation of uterine secretion of prostaglandin F2_α during luteolysis in ruminants. *Biol. Reprod.* 45:655-663.
- Sintex, 2005 –Fisiología Reproductiva del Bovino. Laboratorio de Especialidades Veterinarias. Sitio argentino de producción Animal.www.produccion-animal.com.ar
- Solórzano, H.W.C., Hernán M.J., Galina H.C., Villa Godoy A., Vera A.H.R., Romo G.S. 2008.Reutilización de un dispositivo liberador de progesterona (CIDR-B) para sincronizar el estro en un programa de transferencia de embriones bovinos. *Tec Pecu Mex.* 46(2):119-135.
- Soto, C.2001. Reproducción bovina. Ed. Fundación Giraz, Maracaibo, Venezuela. P. XII: 171-186.
- Sumano, H. O. 2006. *Farmacología Veterinaria*. México: McGraw Hill Interamericana.
- Vailes, L.D. & J.H. Britt.1990. Influence of footing Surface on mounting and other sexual behaviours of estrual Holstein cows. *Anim. Sci.* 68:2333-2339.
- Vane J.R. y Botting R.M 1994. Biological properties of cyclooxygenase products en: The handbook of immunopharmacology. Lipid mediators. Chap 3 pp 61-97 ed. Cunningham, academic press. Hartcourt brace & Company, publishers.
- Vásquez, E.S., 2009. Salud reproductiva en ganadería lechera de lactación temprana y estrategias de manejo.
- Villa-Godoy, A. y Arreguín A. 1993. Tecnología disponible y principales líneas de investigación para resolver el anestro posparto en vacas de doble propósito. *In XVI Simposio de Ganadería Tropical: 4ª Ciclo de conferencias sobre bovinos de doble propósito.* INIFAP. Veracruz. México. Pp 55-84.
- Villavicencio, P, Hincapié J, Matamoros I, Castillo R. Respuesta de dos razas cebuínas y un cruce comercial a la inducción y sincronización del celo utilizando el dispositivo intravaginal de liberación de progesterona CIDR®. 2007; Tesis Ing. Agrónomo. Escuela Agrícola Panamericana. Honduras. p. 14.
- Wendy, J.A., Andrew J.H., Marc L.B., James D.K., Daniel E.S., Kenneth G.O. & Kimberly A.V. 2009. Effect of post-insemination progesterone supplementation on pregnancy rate in dairy cows. *Can. J. Vet. Res.* 73(4):271-274.

- Wiltbank, M.C. 1997. How information of hormonal regulation of the ovary has improved understanding of timed breeding programs. Proceedings of the Annual Meeting of the Society for Theriogenology. 83-97.
- Wiltbank, J.N., Sturges, J.C., Wideman, D., Lefever, D.G., Faulkner, L.C. 1971. Control of oestrus and ovulation using subcutaneous implants and oestrogen in beef cattle. Anim. Sci.; 33, p. 600-606.