



UNIVERSIDAD DEL MAR

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

RESPUESTA REPRODUCTIVA POR EFECTO DE TIEMPO DE PRESINCRONIZACIÓN
EN VACAS DOBLE PROPÓSITO SINCRONIZADAS Y RESINCRONIZADAS CON
PROGESTERONA

TESIS

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

PRESENTA

L.Z. Sandra Gómez Salinas

DIRECTOR

Dr. Narciso Ysac Ávila Serrano

CO-DIRECTOR

Dr. Jaime Arroyo Ledezma

Puerto Escondido, Oaxaca, México

Junio, 2021

DEDICATORIA

A mi hermana **Leonila** (QEPD), ayer a mi lado, hoy en el cielo, y mañana siempre juntas, tenemos algo que jamás destruirá ni el tiempo ni la distancia. Gracias por creer en mí e impulsarme a seguir estudiando y, sobre todo, dejarme ser parte de tu vida durante 29 años; por cuidarme y amarme con paciencia como solo tú podías. Te amo y te seguiré amando hasta mi último aliento en la Tierra, no pudimos cumplir la promesa de estar juntas físicamente hasta que fuéramos viejitas, pero siempre estarás en mi corazón.

A mis padres: El Sr. **Macario Gómez** y la Sra. **Felipa Salinas**, estaré eternamente agradecida con Dios por mandarme a su vida, gracias por sus consejos y por apoyarme en cada decisión que he tomado. Los amaré por siempre.

A mi esposo: **Eloi Guandulain**, gracias por tu apoyo incondicional en todo momento, por tu paciencia y entendimiento cuando tenía que estar ausente. Gracias por tanto amor, te amo.

A mis hermanos: **Jose Luis, Juan y Gustavo**. Gracias por el apoyo moral y económico a lo largo de mi vida estudiantil.

A mi hija: **Leah**, llegaste a mi vida en el momento indicado y te amé desde el primer momento que supe que crecías dentro de mí, eres el motor de mi vida y espero ser una excelente madre para ti y un ejemplo a seguir.

A mis sobrinos: **John Alberto, Edwin Jair, Christian, Jonathan, Kevin y Alexa**. Deseo éxito en cada uno de ustedes y siempre serán parte de mi vida.

A mis compañeros: **I.A. Martin Santos** y al **L.Z. Saris Ulises Gabriel**, gracias por formar parte de este proyecto, por la amistad que se formó más allá de los salones de clases, los recordare por siempre.

AGRADECIMIENTOS

Principalmente al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico otorgado para poder realizar mis estudios en la Maestría en Producción y Sanidad Animal.

A la Universidad del Mar, por abrir nuevamente sus puertas y a cada uno de los catedráticos que fueron parte de mi formación académica.

A mi director de tesis Dr. Narciso Ysac Ávila Serrano, muchas gracias por permitir trabajar nuevamente con usted, por no dejarme sola durante todo el trabajo de campo y estar siempre presente en todo lo que necesité. Gracias infinitas por su amistad y consejos brindados.

A mi co-director de tesis Dr. Jaime Arroyo Ledezma, gracias por el apoyo brindado durante todo este tiempo y ser parte de este proyecto.

A mis revisores de tesis, Dr. Marco Antonio Camacho Escobar, Dr. Serafín Jacobo López Garrido y al Dr. José Guadalupe Gamboa Alvarado, gracias por las correcciones sugeridas y el apoyo incondicional que me brindaron.

Al I.A.Z. Esteban Alejandro Gopar Escamilla y esposa la M. en C. Maribel Reyes Jiménez por permitirme trabajar en el Rancho “La Flor”, por todo el apoyo ofrecido durante el trabajo de campo y la amistad brindada.

Al responsable administrativo de la explotación “La Aurora” M. en C. Mario Moncada Hernández, por su apoyo brindado durante el trabajo de campo en el rancho y por su amistad incondicional en todo momento.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. JUSTIFICACIÓN	3
III. REVISION DE LITERATURA	5
3.1 Aparato reproductor de la hembra bovina.....	5
3.1.1 Vulva	5
3.1.2 Vestíbulo	5
3.1.3 Vagina.....	5
3.1.4 Cérvix	6
3.1.5 Útero	6
3.1.6 Ovarios.....	6
3.1.7 Trompas uterinas (oviductos o salpinx).....	7
3.2 Ciclo estral en la vaca.....	7
3.2.1 Proestro	8
3.2.2 Estro	8
3.2.3 Metaestro	8
3.2.4 Diestro	9
3.2.5 Dinámica folicular	9
3.2.6 Ovulación.....	10
3.2.7 Estructuras ováricas	10
3.3 Hormonas utilizadas en la sincronización de estros	11
3.3.1 Sincronización con prostaglandinas	11
3.3.2 Sincronización con progesterona y progestágenos.....	12
3.3.3 Utilización de GnRH	13
3.3.4 Utilización de estradiol	13
3.3.5 Utilización de progestágenos con prostaglandinas y estrógenos	14
3.3.6 Detección de estros	14
3.4 Inseminación artificial.....	15
3.5 Resincronización de estros en bovinos con CIDR reutilizado	15

3.6	Gestación	16
3.6.1	Tasa de preñez en ganado bovino	16
3.6.2	Ultrasonografía.....	16
IV.	OBJETIVOS	18
4.1	Objetivo general.....	18
4.2	Objetivos específicos	18
V.	HIPÓTESIS	19
VI.	MATERIALES Y MÉTODOS	20
6.1	Localización y descripción del área de estudio	20
6.2	Unidades experimentales.....	20
6.3	Variables evaluadas	21
6.4	Diseño experimental	21
6.5	Análisis estadístico	24
VII.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
7.1	Tiempo de retiro del dispositivo CIDR a estro	25
7.2	Duración del estro	25
7.3	Número de montas permitidas durante el estro	26
7.4	Tasa de estro y tasa de gestacion en la sincronización y resincronización.....	28
7.5	Correlacion y regresión de las vaariables tiempo de retiro a estro, número de montas durante el estro y duración del estro	31
VIII.	CONCLUSIONES	34
IX.	LITERATURA CITADA	35

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Respuesta reproductiva por efecto de tiempo de presincronización en vacas de doble propósito sincronizadas con CIDR en el rancho “La Aurora”.....	27
Cuadro 2. Respuesta reproductiva por efecto de tiempo de presincronización en vacas de doble propósito sincronizadas con CIDR en el rancho “La Flor”.	27
Cuadro 3. Tasa porcentual de estros y de gestación al primer, segundo y tercer servicio en vacas de doble propósito sincronizadas y resincronizadas con progesterona en el Rancho “La Aurora”.....	30
Cuadro 4. Tasa porcentual de estros y de gestación al primer, segundo y tercer servicio en vacas de doble propósito sincronizadas y resincronizadas con progesterona en el Rancho “La Flor”.....	30
Cuadro 5. Correlación entre tiempo de retiro a estro, número de montas durante el estro y duración del estro en vacas doble propósito en el rancho “La Aurora”.	32
Cuadro 6. Correlación entre tiempo de retiro a estro, número de montas durante el estro y duración del estro en vacas doble propósito en el rancho “La Flor”.	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tratamiento 1: Presincronización 15 d antes de la sincronización con dispositivos intravaginales (CIDR) reutilizados. PGF2 α : Prostaglandina F2 α ; CIDR: Dispositivo intravaginal liberador de progesterona. 23

Figura 2: Tratamiento 2: Presincronización 10 d antes de la sincronización con dispositivos intravaginales (CIDR) reutilizados. PGF2 α : Prostaglandina F2 α ; CIDR: Dispositivo intravaginal liberador de progesterona.23

RESUMEN

Con la finalidad de evaluar la respuesta reproductiva del ganado bovino doble propósito por efecto de presincronización, sincronización y resincronización se realizó el presente estudio con dos experimentos en dos explotaciones de la región costa de Oaxaca. Experimento 1: CIDR reutilizado y vacas con un solo ordeño manual. Experimento 2: CIDR nuevo y vacas con dos ordeños al día y mecanizado. Los ejemplares del T1 fueron presincronizadas 15 días previos a la sincronización y los ejemplares del T2 10 días previos a la sincronización. La sincronización se hizo con CIDR por 5 días (inserción CIDR e inyección intramuscular de 1 mL de cipionato de estradiol y al momento del retiro del CIDR se inyectó 0.5 mL de cipionato de estradiol y 5 mL de PGF_{2α}). El diseño experimental para ambos experimentos fue un completamente aleatorizado teniendo como fuente de variación el tiempo de presincronización. El análisis estadístico se realizó con análisis de varianza para las variables tiempo de retiro del dispositivo CIDR a estro, duración del estro, número de montas permitidas durante el estro y concentración de P₄ mediante comparación de medias con el estadístico de prueba Tukey (P<0.05) y las variables tasa de estros y tasa de preñez a través del estadístico Ji-cuadrada. El tiempo de presincronización en el que se utilizaron dispositivos intravaginales (CIDR) reutilizados, presentó diferencia estadística (P<0.05) en la variable tasa de estro en la sincronización. Los porcentajes de gestación fueron más altos al utilizar estos dispositivos. El tiempo de presincronización en el que se utilizaron dispositivos intravaginales (CIDR) nuevos, no presentó diferencia estadística en las variables evaluadas., los porcentajes de gestación fueron bajos.

Palabras clave: Bovinos, estro, gestación, prostaglandinas, reproducción.

ABSTRACT

In order to evaluate the reproductive response of dual-purpose cattle due to the effect of presynchronization, synchronization and resynchronization, the present study was carried out with two experiments in two farms in the coastal region of Oaxaca. Experiment 1: Reused CIDR and cows with a single manual milking. Experiment 2: New CIDR and cows with two milkings per day and mechanized. T1 specimens were presynchronized 15 days prior to synchronization and T2 specimens 10 days prior to synchronization. Synchronization was done with CIDR for 5 days (CIDR insertion and intramuscular injection of 1 mL of estradiol cypionate and at the time of CIDR removal, 0.5 mL of estradiol cypionate and 5 mL of PGF₂ α were injected). The experimental design for both experiments was a completely randomized one having as a source of variation the presynchronization time. Statistical analysis was performed with analysis of variance for the variables time from removal of the CIDR device to estrus, duration of estrus, number of mounts allowed during estrus, and P4 concentration by means of comparison of means with the Tukey test statistic ($P < 0.05$) and the variables estrus rate and pregnancy rate through the Chi-square statistic. The presynchronization time in which reused intravaginal devices (CIDR) were used, presented a statistical difference ($P < 0.05$) in the variable rate of estrus in synchronization. Pregnancy rates were higher when using these devices. The presynchronization time in which new intravaginal devices (CIDR) were used did not present statistical difference in the variables evaluated. Pregnancy percentages were low.

Keywords: cattle, oestrus, pregnancy, prostaglandins, reproduction

I. INTRODUCCIÓN

En México, la población bovina ha tenido un incremento lento, en el año 2006 se contaba con 31,163,124 cabezas de ganado, que pasó a 33,502,623 cabezas al año 2015. Esto sólo representa 7.5% de aumento en 9 años. El estado de Oaxaca, en el año 2015 contó con una población de 1,674,593 cabezas de ganado bovino aportando 9.99% de la producción nacional, para ubicarse en el 6to. lugar nacional (SIAP 2016).

La ganadería es una actividad económica importante en zonas rurales, aunque en años recientes ha presentado cambios importantes, debido a ajustes socioeconómicos. Uno de estos cambios ha sido criar ganado de doble propósito para cumplir la producción de carne y leche en lugar de especializarse en solo un tipo de producción (Nájera-Garduño *et al.* 2016). Este sistema se desarrolla bajo diversas condiciones agroecológicas, de infraestructura, manejo de la alimentación, reproducción, sanidad y genética (Mejía-Bautista *et al.* 2010). En la actualidad, los sistemas de producción de carne y leche aprovechan aproximadamente 110 millones de hectáreas, de las cuales 28.3% corresponde a las áreas tropicales, que en su mayoría están cubiertas de forrajes (Calderón-Chigoya *et al.* 2016).

Para garantizar la eficiencia y rentabilidad de las ganaderías de doble propósito, es imprescindible lograr la meta de un intervalo entre partos menor de 13 meses; de manera que las vacas deben ciclar y concebir alrededor de los 90 d posparto (Munro 1987). El avance en el conocimiento de la fisiología reproductiva de los bovinos, especialmente en las características del desarrollo folicular ha contribuido al desarrollo de protocolos de inseminación artificial (IA) a tiempo fijo (IATF) (Huanca 2001). La primera IA se realizó en 1780 por el filósofo italiano Lázaro Spallanzani en una perra, en los bovinos ocurrió en la década de 1940 en Estados Unidos de América, cuyos procedimientos se han estandarizado (Giraldo 2007).

Uno de los tratamientos más comunes de sincronización de celos es mediante el uso de la prostaglandina (PGF) (Huanca 2001). Se han desarrollado una serie de tratamientos hormonales que son capaces de controlar el momento de la primera IA, las inseminaciones posteriores en vacas no preñadas y para el tratamiento de vacas en

anestro (Yáñez *et al.* 2018). La IA ha demostrado ampliamente su gran aporte para el mejoramiento genético sobre todo en la ganadería lechera (Huanca 2001). El uso de toros genéticamente superiores maximizan la calidad de terneros producidos (Yáñez *et al.* 2018).

Las posibilidades de contar con nuevas técnicas como el análisis hormonal y la ecografía transrectal de tiempo real han contribuido a mejorar el conocimiento sobre los eventos relacionados con la dinámica folicular ovárica en bovinos (Huanca 2001).

II. JUSTIFICACIÓN

El comportamiento reproductivo y productivo (eficiencia reproductiva) del ganado es pobre en la costa Oaxaqueña. No se está cumpliendo con la meta de una cría por año, porque los intervalos entre partos de las vacas rebasan 13 meses. Es necesario acudir a alternativas como la sincronización de celos, para aumentar el porcentaje de eficiencia reproductiva y obtener mayor tasa de gestación y parición en cada unidad productiva. La ventaja de la sincronización de celos, es que el productor puede elegir en que época del año quiere que sus vacas tengan crías, así mismo, si se agrega IA es posible mejorar la calidad de la genética y evitar el cansancio del semental en el caso de monta natural.

La ganadería bovina, productora de carne, ha representado un subsector importante del campo mexicano (Chauvet 1999). Conserva gran relevancia en el contexto socioeconómico del país, en conjunto, con el resto del sector primario, ha sido sustento para el desarrollo nacional, al proporcionar alimentos y materias primas, divisas, empleos; además de que distribuye ingresos en el sector rural (SAGARPA 2004).

En el trópico mexicano el comportamiento reproductivo y productivo del ganado es pobre (Mejía-Bautista *et al.* 2010). La producción de leche en los ambientes tropicales se fundamenta en la capacidad reproductiva de las cruza genéticas de los bovinos. Animales híbridos (*Bos Taurus X Bos indicus*) producen más leche y carne, además son superiores para reproducirse al compararlos con las razas puras en los ambientes tropicales (López *et al.* 2009).

La optimización de la eficiencia reproductiva es uno de los principales factores que contribuyen a mejorar las ganancias en una ganadería. Los parámetros reproductivos pueden ser alterados por factores como alimentación, clima, trastornos metabólicos y reproductivos (Espinal & García 2009). Para inducir el celo se pueden usar progestágenos, prostaglandinas u hormonas liberadoras de gonadotropinas como protocolos de sincronización. Dentro de los protocolos se usan diferentes combinaciones de hormonas, por ejemplo: hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) y

prostaglandina (PGF 2α) o bien los que utilizan dispositivos con progesterona y estradiol (Bueno & Dunn 2008).

La necesidad de inseminar el mayor número de animales en un periodo relativamente corto de tiempo implica la necesidad de desarrollar protocolos que permitan sincronizar el retorno al celo de los vientres que resultan vacíos con la IATF (Amores & Delgado 2010).

Durante la última década, se han desarrollado nuevas generaciones de protocolos denominados “tratamientos cortos”, que han demostrado mejorar la tasa de preñez, y se fundamentan en que disminuyen el período de inserción de dispositivos con progesterona, reduce en el período de dominancia del folículo y prolongan el proestro previo a la ovulación (Bridges *et al.* 2008).

La tecnología de IA, asociada a un manejo adecuado del tiempo, ha sido aceptada por los técnicos y los productores, visualizando aumentar la calidad genética (Melo *et al.* 2011). El uso estratégico de la IATF en sistemas de producción de cría, en vacas lactantes, es una herramienta que contribuye con el manejo reproductivo del hato y a su vez, se puede obtener una mejora genética (Huanca 2001).

III. REVISION DE LITERATURA

3.1 Aparato reproductor de la hembra bovina

El aparato reproductor femenino consta de dos ovarios, dos oviductos, dos cuernos uterinos, cuerpo del útero, cuello o cérvix, vagina y vulva. El ovario representa la gónada sexual; la vulva y el clítoris son los genitales externos y los restantes órgano corresponden a los genitales internos (Urroz 1991).

3.1.1 Vulva

En la vulva se producen importantes cambios de irrigación e inflamación que ayudan en la detección de celo (Caravaca *et al.* 2005). Tiene la función de aislar la vagina del exterior y está confirmada por los labios vulvares mayores y menores, la vulva aloja en su comisura ventral al clítoris (Porrás & Páramo 2009).

3.1.2 Vestíbulo

Se extiende hacia el interior cerca de 10 cm, hasta el sitio donde el orificio uretral externo se abre en su superficie ventral (Hafez 1996). Las dos glándulas vestibulares mayores se hallan situadas en las paredes laterales, bajo el constrictor de la vulva, las glándulas vestibulares menores se presentan a lo largo del surco ventral medio (Sisson & Grossman 1982).

3.1.3 Vagina

Conducto de paredes músculo membranosas, de forma cilíndrica, que se localiza en el interior de la cavidad pelviana (Quíntela *et al.* 2006). Sus capas son muy manifiestas en algunas hembras, sobre todo durante la gestación, debido a las hormonas que se

encuentran en la sangre (Krahmer & Schröder 1979). Entre la vagina y su vestíbulo baja un pliegue mucoso desde la pared superior llamado himen (Nusshag 1977).

3.1.4 Cérvix

Es el órgano que separa a la vagina del útero protegiéndolo del ambiente externo, ya que tiene la capacidad de cerrar herméticamente, a excepción durante el periodo del estro y el parto, periodos en los cuales se facilita el paso de los espermatozoides y del producto, respectivamente (Aréchiga *et al.* 2002).

3.1.5 Útero

Es el encargado de la producción de Prostaglandina $F_2\alpha$ la cual actúa como regulador del ciclo estral (Sumba 2012). Conecta los oviductos y la vagina. En la especie bovina, el útero es de tipo bicorne, y está constituido por los cuernos, el cuerpo y el cuello. Los cuernos uterinos son relativamente cortos y se curvan craneoventralmente. Se puede distinguir una bifurcación uterina externa y otra interna (Quíntela *et al.* 2006). El útero está formado por tres capas: serosa más externa, capa muscular o miometrio y, finalmente capa mucosa más interna, llamada endometrio (Caravaca *et al.* 2005).

3.1.6 Ovarios

Son los órganos esenciales para la reproducción en la hembra, las gónadas diferenciadoras de la hembra se localizan permanentemente en la cavidad abdominal, realizan tanto funciones exocrinas (liberación de óvulos) como endocrinas (esteroideogénesis). En el bovino, los ovarios tienen forma de almendra (Hafez 1996). Los ovarios se forman en el embrión bajo la influencia de los cromosomas X (Pineda 1991).

3.1.7 Trompas uterinas (oviductos o salpinx)

Son conductos que unen los ovarios con el útero. Sus funciones son: transportar los óvulos hasta el útero y, los espermatozoides hasta los ovarios. Su forma es parecida a la de un embudo en las proximidades del ovario (López & Martín 2015).

3.2 Ciclo estral en la vaca

El conocimiento sobre la fisiología de la reproducción, ha experimentado cambios en los últimos años. Se sabe que existe una interrelación entre hipotálamo, hipófisis, ovario y sus hormonas; que conforman la esencia de la maduración folicular, ovulación, implantación y mantenimiento de la gestación (Echeverría 2001). Se han modificado los conceptos que existían sobre la regulación del ciclo estral, esta situación se ha producido básicamente por causa del desarrollo de la biotecnología de la reproducción, principalmente transferencia de embriones y fecundación in vitro (Pérez 2009).

El ciclo estral se define como el período de tiempo existente desde el comienzo de un celo hasta el inicio del siguiente, siendo el intervalo entre dos modificaciones uterinas (Caravaca *et al.* 2005). En los bovinos tiene una duración promedio de 21 d (Hafez 1996), aunque pueden existir diferencias entre razas, por eso se habla de un margen de 17 d a 24 d (Illera 1994). En el transcurso del 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 y soportar el desarrollo embrionario temprano. Estos cambios están regulados por diversas hormonas procedentes de distintos órganos (hipotálamo, hipófisis, ovarios y útero) (Quíntela *et al.* 2006). El ciclo se divide en fases llamadas proestro, estro, metaestro y diestro (Frandsen & Spurgeon, 1995). Los principales acontecimientos son el desarrollo folicular, ovulación, luteinización y regresión del cuerpo lúteo (Fernández 1993). El ciclo estral es regulado por mecanismos endocrinos y neuroendocrinos, esto es por hormonas hipotalámicas, gonadotropinas y esteroides secretadas por los ovarios (Hafez & Hafez 2002).

3.2.1 Proestro

Es la primera fase del ciclo estral, de preparación, durante la cual el folículo con su ovulo, aumenta de tamaño principalmente por haber más líquido cargado de estrógenos en su interior. Los estrógenos absorbidos desde los folículos circulantes en la sangre, estimulan la creciente vascularización y el crecimiento celular de los genitales, como preparación al estro y la gestación subsecuente (Frandsen & Spurgeon 1995). Los niveles de progesterona son bajos y simultáneamente se lleva a cabo el crecimiento de un folículo preovulatorio, durante éste periodo solo un folículo será seleccionado como dominante y llegará a la ovulación (Saumande & Humblot 2005). Su duración es de 2 d a 3 d, un evento hormonal característico de esta etapa es el incremento de la frecuencia de los pulsos de secreción de hormona leutinizante (LH) (Hernández 2016).

3.2.2 Estro

El estro da inicio al ciclo ovárico y tiene una duración de 15 h a 21 h, al comienzo del estro la progesterona desciende a niveles mínimos y alcanza el nivel de 0.1 ng/mL en el plasma, los estrógenos; sin embargo, alcanzan el límite umbral de 17 pg/mL, pueden llegar hasta 45 pg/mL a 50 pg/mL, y actúan en el área preóptica hipotalámica (Massimiliano 2005). Los elevados niveles de estrógenos son los responsables del comportamiento y signos propios del celo, aumentando las concentraciones del tracto reproductor femenino para facilitar el encuentro entre el ovulo y el espermatozoide (Guaqueta 2009). 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).

3.2.3 Metaestro

Los primeros 3 d a 4 d son conocidos como metaestro, momento en el que inicia la formación del cuerpo lúteo (Colazo & Mapletoft 2014). Este periodo comienza marcado por los procesos que ocurren en el ovario inmediatamente después de la ovulación. 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). En esta fase, aproximadamente 90% de las novillas y 50% de las vacas muestran un pequeño flujo sanguíneo vaginal. Este sangrado del metaestro no está relacionado con la fertilidad, significa únicamente que la vaca ha estado en estro 2 d a 4 d antes (Cardinali *et al.* 1994).

3.2.4 Diestro

El diestro dura aproximadamente 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). En esta etapa se pueden encontrar folículos de diferente tamaño debido a las oleadas foliculares, la LH se secreta con una frecuencia muy baja y la hormona folículoestimulante (FSH) tiene incrementos responsables de las oleadas foliculares (Hernández 2016).

3.2.5 Dinámica folicular

En rumiantes, el crecimiento folicular ocurre continuamente en forma de oleadas, proceso conocido como dinámica folicular (Fernández 2008). Se han descrito que ocurren dos o tres ondas de crecimiento folicular (CF) durante el ciclo estral (Borges *et al.* 2001). En caso de que sean dos ondas foliculares, éstas inician el día de la ovulación (día 0) y en el día 10 del ciclo estral. En cambio, cuando son tres ondas foliculares inician el día 0, 9 y 16 del ciclo estral (Ginther *et al.* 1989).

El inicio de cada oleada de crecimiento folicular esta precedido por un incremento en la concentración de FSH, y después de la misma, hay un descenso significativo de ésta hormona debido al incremento en la concentración de estradiol (Fernández 2008).

Una onda folicular involucra el desarrollo simultaneo de varios folículos de 4 mm a 5 mm de diámetro (Austin *et al.* 2001). El crecimiento de los folículos a diámetros mayores

de 4 mm depende de la hormona FSH, pero los folículos antrales grandes (7 mm a 9 mm de diámetro) transfieren sus requerimientos de FSH a LH (Adams *et al.* 1992).

3.2.6 Ovulación

En el momento de la ovulación, tanto el líquido folicular como el ovocito son proyectados, principalmente, por la concentración de la musculatura lisa que rodea a los folículos hacia la cavidad peritoneal, cayendo cerca de las fimbrias del oviducto o trompas de Falopio, ésta expulsión, en las vacas, se produce en forma de un flujo fluido (Buxade 1995).

Después de la ovulación, el espacio previamente ocupado por el folículo ovulatorio es poblado por células de la granulosa y de la teca interna, formando el cuerpo lúteo (CL). Cuando la gestación no ocurre, el cuerpo lúteo es destruido por efecto de la prostaglandina $F_{2\alpha}$ ($PGF_{2\alpha}$), reiniciándose otro ciclo, y una nueva oportunidad para lograr una concepción (Aréchiga *et al.* 2002).

3.2.7 Estructuras ováricas

La presencia de un CL al inicio de un tratamiento de sincronización de celo se expresará en mayores tasas de preñez. Ya que la existencia de un CL se traduce en concentraciones de progesterona y ésta podría influir de manera positiva sincronizando de manera eficiente la ovulación (Vasconcelos *et al.* 2001). Pérez *et al.* (2017); trabajaron con vacas de raza especializada en producción de carne (Aberdeen Angus) y realizaron la evaluación del crecimiento folicular en los días 7 y 9, encontrando tasa de crecimiento de 1.2 ± 0.74 mm. El diámetro máximo del folículo dominante al día 9 fue de 10.2 ± 3.16 mm y obtuvieron tasa de preñez de 66.7 % utilizando CIDR por 7 d. Bastos *et al.* (2010) mencionan que en ganado *Bos Taurus*, el tamaño de folículos dominantes oscilan entre 8 mm a 9 mm y los folículos ovulatorios deberían tener de 14 mm a 18 mm.

3.3 Hormonas utilizadas en la sincronización de estros

Las principales metas en las ganaderías de cría es obtener un ternero por vaca por año (Amores & Delgado 2010) incorporando el mejoramiento genético (Leitman *et al.* 2009) y facilitar la IA (Lane *et al.* 2008). Si bien, son varios los factores que intervienen para el logro de esta meta, el adecuado estado nutricional de la vaca de cría siempre surge como uno de los factores principales a tener en cuenta (Amores & Delgado 2010).

Se han desarrollado diversos protocolos de sincronización de estros (Villa-Godoy & Arreguin 1993). Los principios básicos para el control del estro en vacas consiste en: el efecto luteolítico de las $PGF_{2\alpha}$ (Lucy *et al.* 2001). También se han desarrollado diversos protocolos de sincronización de estros con base de progesterona (P4) o progestágenos (Macmillan & Paterson 1993). Existen métodos para sincronizar la presentación de celos, y ellos están referidos a sincronizar el desarrollo de las ondas foliculares. La ablación del folículo dominante es un método confiable para sincronizar el crecimiento folicular y la ovulación (Huanca 2001).

Entre las hormonas del ovario figuran los estrógenos, originados en los folículos, y la progesterona, proveniente de cuerpo lúteo. La secreción es regulada por acción de las hormonas gonadotrópicas del lóbulo anterior de la hipófisis, las cuales son, a su vez, parcialmente reguladas por las hormonas ováricas (Frandsen & Spurgeon, 1995).

Los preparados hormonales de gonadotropinas inyectados en un momento apropiado del ciclo estral permiten, por un lado, aumentar el número de folículos en desarrollo (preparados ricos en actividad FSH), y por otro, controlar y sincronizar el momento de la ovulación (ricos en actividad LH) (Buxade 1995).

3.3.1 Sincronización con prostaglandinas

Es una hormona producida en el endometrio, tiene como función provocar la regresión del CL, evento que marca el fin del diestro y el inicio del proestro. La

administración de $\text{PGF}_2\alpha$ entre los días 6 a 16 del ciclo estral, produce la regresión del CL presentándose el estro dentro de las siguientes 48 h a 120 h. El estro inducido de esta forma tiene las mismas características endocrinas que el estro natural (Aréchiga *et al.* 2002).

Desde el momento en que la $\text{PGF}_2\alpha$ fue identificada como potente agente luteolítico, se usa para el control del ciclo estral (Palma 2001), y con el conocimiento que se tiene de los efectos oxitócicos y luteolíticos que tiene en la vaca, su uso en la práctica reproductiva se ha incrementado paulatinamente, porque reduce la duración del ciclo estral y mantiene una fertilidad aceptable (Fernández de Córdoba 1993).

Debido a que el mecanismo de acción de la $\text{PGF}_2\alpha$ requiere que los animales sometidos bajo tratamiento estén ciclando, se considera un tratamiento sencillo y aplicable para vaquillas y vacas sin cría al pie (Kastelic *et al.* 1990; Laverdiere *et al.* 1995; Pursley *et al.* 1997; Murugavel 2003).

Con función a los conocimientos de la respuesta lútea a $\text{PGF}_2\alpha$, se han diseñado diferentes protocolos para agrupar o sincronizar celos. Uno de los primeros protocolos utilizados fue el tratamiento de 2 dosis de $\text{PGF}_2\alpha$, con intervalo de 10 d u 11 d entre dosis. Teóricamente los bovinos deberían tener un CL que responda a la $\text{PGF}_2\alpha$ en el segundo tratamiento y la manifestación de celos se agruparía en un periodo de 3 d a 5 d (Seguin 1987).

3.3.2 Sincronización con progesterona y progestágenos

La P4 es producida, principalmente, por el cuerpo amarillo, aunque también se elabora en corteza suprarrenal, placenta y testículos. Se le conoce como hormona de la gestación, pues influye en el engrosamiento del endometrio y la proliferación de las glándulas uterinas antes de la implantación del ovulo fecundado (Frandsen & Spurgeon, 1995).

La administración de P4 o progestágenos para la sincronización de estro, es a través del alimento (Acetato de melengestrol), inyecciones IM, de implantes subcutáneos

(norgestomet) o dispositivos intravaginales (PRID, CIDR y esponjas impregnadas con acetato de medroxiprogesterona) (Odde 1990). El uso de progestágenos ha sido usado para extender la fase lútea, resultando en mayor cantidad de animales detectados en celos en un periodo más corto, pero con menor fertilidad (Colazo *et al.* 2007). Es importante destacar que la P4 no suprime la secreción de FSH (Bleach *et al.* 2004).

3.3.3 Utilización de GnRH

La hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) es de origen hipotalámico que estimula en la adenohipófisis la secreción de FSH y de LH. Se origina en dos centros hipotalámicos diferenciados: el centro tónico mantiene unos niveles constantes de GnRH, mientras que el centro cíclico solamente se activa como respuesta de elevación de los niveles de estrógenos, provocando la descarga preovulatoria de LH (Quíntela *et al.* 2006).

Recientemente el uso de esta hormona incorporada a los tratamientos con progestágenos ha dado por resultado aceptables porcentajes de preñez (Colazo *et al.* 2007). Los tratamientos con GnRH inducen a la ovulación con la emergencia de una nueva onda folicular aproximadamente 2 d después del tratamiento (Thatcher *et al.* 1993; Martínez *et al.* 1999).

3.3.4 Utilización de estradiol

Existen dos funciones principales del estradiol, es utilizado al inicio de un tratamiento con progestágenos, la finalidad es provocar atresia de los folículos que existen, y así inducir una nueva oleada folicular 3 d y 5 d después de la aplicación (Bó *et al.* 1994). Cuando se aplica al retiro del progestágeno, induce una retroalimentación positiva en el hipotálamo generando la liberación de GnRH, se aumentan los pulsos y la frecuencia de LH y se reduce el tiempo en que se presenta la ovulación (Lefebvre *et al.* 1992; Lucy *et al.* 2004).

Desde hace varios años se trabaja para facilitar el manejo de los animales, en este sentido el ciproionato de estradiol (CE) es el tratamiento más utilizado, debido a que

sincroniza las ovulaciones de manera similar a la aplicación de Benzoato de Estradiol (BE) (Madero *et al.* 2012). La dosis de CE con que se ha trabajado en vaquillonas ha sido de 0.5 mg y en vacas de 1 mg (Madero *et al.* 2012). Bo *et al.* (2000), obtuvieron en sus resultados, que el efecto supresor del estradiol en el ganado bovino se ejerce directamente sobre el ovario.

3.3.5 Utilización de progestágenos con prostaglandinas y estrógenos

Una de las alternativas para sincronizar el desarrollo folicular es el uso de dosis farmacológicas de estrógenos y progestágenos, se induce la atresia de folículos en crecimiento, y de esta manera resulta una nueva oleada folicular (Bó *et al.* 2002). Se requiere la administración de P4 durante 7 d u 8 d, existen diferentes dispositivos intravaginales que contienen este fármaco (Rath-bone *et al.* 2001). En la década de 1990 inició el uso de estradiol junto con P4 (Bó *et al.* 1995a). La aplicación de compuestos hormonales como estradiol-17, benzoato de estradiol y cipionato de estradiol al iniciar la sincronización, puede provocar la lisis de los CL en formación (Thundathil *et al.* 1997; Colazo *et al.* 2003) e inducir el termino de la oleada de crecimiento folicular que se encuentra en curso (Bó *et al.* 1995b; Utt *et al.* 2003). El tratamiento más utilizado consiste en 2 mg de benzoato de estradiol vía IM al colocar el dispositivo con progesterona (Cutaia *et al.* 2003). En la mayoría de los métodos de sincronización de estros, se emplea una inyección de PGF₂α que cause la regresión del CL (Lauderdale *et al.* 1974; Roche 1974).

3.3.6 Detección de estros

La detección de celos forma parte de las actividades prioritarias en la rutina de la sincronización de estros para una IA eficiente (Al- Makhzoomi *et al.* 2008). La cual debe efectuarse entre 12 h y 24 h después de la iniciación del celo (Marini *et al.* 2010).

En la mayoría de las explotaciones donde se lleva a cabo IA, el factor limitante en la obtención de un buen comportamiento reproductivo, es la falla en la detección de estros (Senger 1994; Nebel *et al.* 2000).

3.4 Inseminación artificial

Existen obstáculos reproductivos dentro de casi todas las explotaciones ganaderas. Entre los que se destacan la falta de detección de estro, la predicción inadecuada del tiempo óptimo de inseminación previo a la detección de celo y la inactividad ovárica (anestro). De todas las afecciones que interfieren en la reproducción, el anestro constituye, sin duda, la fuente de mayores pérdidas económicas en la producción pecuaria y sus causas son variadas (Bueno & Dunn 2008). La IA se ha impuesto en todo el mundo como un método de gran interés desde el punto de vista zootécnico y económico, incrementando los rendimientos productivos a través de la mejora acelerada y de la uniformidad en la reagrupación de las poblaciones (Buxade 1995). Ofrece excelentes posibilidades en el incremento de la producción bovina, y particularmente en el ganado lechero. La IA es una técnica sencilla que consiste en el depósito del semen en el aparato reproductor de la hembra (Aréchiga *et al.* 2002). El control farmacológico del ciclo estral facilita la implementación de programas de IA. Es fundamental controlar el ciclo estral de los animales con el uso de diferentes protocolos hormonales, de los cuales uno de los más conocidos es el que utiliza dispositivos intravaginales con P4 combinado con prostaglandina (Uslenghi 2010).

3.5 Resincronización de estros en bovinos con CIDR reutilizado

El dispositivo intravaginal CIDR con 1.9 g de P4 ha sido utilizado para la sincronización de celo (Mapletoft *et al.* 2003). La cual se libera de manera constante y relativamente uniforme mientras el dispositivo se encuentra insertado en la vagina (Van Cleeff *et al.* 1992; Burggraaf *et al.* 1997). Con la finalidad de obtener la mayor cantidad de hembras gestantes en el menor tiempo, investigadores se ocupan de desarrollar y probar protocolos que permitan sincronizar el retorno al estro en las hembras que no se preñan con la IATF (García *et al.* 2017). Peterson & Handerson (1990) concluyeron que cuando un CIDR insertado por 9 d retiene 1.1 g de P4 a diferencia de 15 d donde se retiene 0.9 g de P4. La facilidad que tiene el CIDR para ser insertado y posteriormente retirado del animal, se suma la posibilidad de tener una o más reutilizaciones en

diferentes programas de sincronización de estro (Solorzano 2005). Richardson *et al.* (2002) reutilizaron el CIDR una y dos veces por periodos de 7 d, esto proporciona una herramienta para incrementar los porcentajes de gestación (Stevenson *et al.* 2003) por lo que al reutilizar el CIDR es posible mejorar la eficiencia reproductiva en vacas (Mantovany *et al.* 2004). Esta estrategia es buena en términos económicos, ya que el ahorro en programas de sincronización de estros para IA o transferencia de embriones sería de al menos 60 % (Solorzano *et al.* 2008).

3.6 Gestación

La gestación inicia el día de la fecundación y termina con el parto, en la hembra bovina, es cornual y se instaura en el cuerno correspondiente al ovario en el que se produce la ovulación y la sucesiva formación del CL (Massimiliano 2005). La duración de la gestación es de 280 d a 285 d en promedio (Koeslag & Orozco 1990). Puede variar porque depende de la raza, sexo de la cría, número de partos y peso de la madre (Fernández de Córdova 1993). Durante este tiempo la vaca debe ser alimentada en tal forma, que el feto se desarrolle bien y la vaca aumente sus reservas corporales, ya que estas reservas las necesitará durante la lactancia (Koeslag & Orozco 1990).

3.6.1 Tasa de preñez en ganado bovino

La tasa de preñez es el producto del porcentaje de detección de estros y de la tasa de concepción (Lucy *et al.* 1986). Se han encontrado porcentajes de preñez diferentes de acuerdo a la hora en que se lleva a cabo la inseminación (1: 0-2 h; 2: 6-8 h; y 3: 12 h), encontrando la mayor preñez en el momento 3 (55.17 %), seguido del momento 1 (49.96 %) y 2 (47.12 %) aunque sin diferencias significativas (Rodríguez-Hernández *et al.* 1995).

3.6.2 Ultrasonografía

La ultrasonografía es una técnica de diagnóstico por imágenes de valiosa aplicación en las ciencias veterinarias (Murphy *et al.* 1990). Ha sido utilizada para

examinar el tracto genital bovino y para caracterizar el patrón de crecimiento folicular en vacas (Savio *et al.* 1990). Con ella se puede evaluar el crecimiento folicular e inducción de estro en vacas anéstricas (De Ondiz *et al.* 2002). Permite la visualización de órganos internos, su aplicación en bovinos desde la década de 1980, ha sido uno de los pasos más importantes para el estudio de los eventos normales que ocurren durante el ciclo estral (Bo & Caccia 2000). En la reproducción bovina existe la necesidad de contar con una técnica directa y precisa que provea más información de las estructuras uterinas (Pieterse 1999). Una de las ventajas del diagnóstico reproductivo temprano, es la separación de grupos de hembras gestantes y vacías; así como la implementación de estrategias reproductivas que aumenten la fertilidad (Alonso-Alanusa *et al.* 2012).

El diagnóstico de gestación se puede realizar a partir de los 20 d post-servicio por la presencia de líquido dentro del útero, es a partir de los 30 d, cuando es posible detectar el latido cardiaco del feto (Echeverría 2001).

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Evaluar la respuesta reproductiva en vacas de doble propósito con dos periodos diferentes de presincronización utilizando prostaglandina y un dispositivo liberador de Progesterona (CIDR) nuevos y usados en dos ranchos diferentes.

4.2 Objetivos específicos

- Determinar los intervalos de retiro de CIDR a inicio de estro por efecto de tiempo de presincronización en vacas doble propósito sincronizadas y resincronizadas con progesterona (CIDR).
- Estimar la duración del estro en vacas de doble propósito sincronizadas y resincronizadas con progesterona (CIDR).
- Obtener el número de montas por efecto de tiempo de presincronización en vacas doble propósito sincronizadas y resincronizadas con progesterona (CIDR).
- Calcular el porcentaje de estro por efecto de tiempo de presincronización en vacas doble propósito sincronizadas y resincronizadas con progesterona (CIDR).
- Evaluar la tasa de preñez en vacas doble propósito sincronizadas y resincronizadas con progesterona (CIDR), en cada uno de los ranchos.

V. HIPÓTESIS

Las variables reproductivas en vacas de doble propósito sincronizadas con progesterona (CIDR) y distintos tiempos de presincronización con prostaglandina no presentan diferencia.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Localización y descripción del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en dos explotaciones pertenecientes al municipio de Villa de Tututepec en la región costa de Oaxaca; en la explotación “La Flor” ubicada en la comunidad de San José Manialtepec, se localiza geográficamente a 15° 97´ 07’’ latitud norte y 97° 23´ 33’’ longitud oeste, clima cálido húmedo con lluvias en verano, temperatura promedio anual de 27° C y precipitación pluvial media anual de 731.9 a 2,054 mm. (García 2004); y en la explotación “La Aurora” ubicada en la población de Rio Grande, en el kilómetro 81 de la carretera Federal Pinotepa Nacional- Puerto Escondido, se localiza geográficamente a 16° 00´ 46’’ latitud Norte y 97° 26´ 15’’ longitud oeste, clima cálido-húmedo con lluvias en verano, temperatura promedio anual 27 ° C, precipitación pluvial de 1300 mm (García 2004).

6.2 Unidades experimentales

Se utilizaron 88 bovinos doble propósito (*Bos indicus* x *Bos taurus*) de los cuales 74 fueron vacas multíparas y 14 vaquillas, se examinaron por ultrasonografía transrectal con ultrasonido marca Sonoscape® portable digital color doppler ultrasound system (modelo S2/S2BW), para conocer su estado reproductivo y posteriormente ser sincronizadas con CIDR. La alimentación fué bajo condiciones de pastoreo en praderas establecidas con pasto estrella de África (*Cynodon plectostachyus*) y pasto nativo como zacate bramilla (*Cynodon dactylum*). Los animales se mantuvieron bajo condiciones de pastoreo todo el día, recibieron suplemento mineral y vitamínico para poder cubrir los requerimientos nutricionales; además de desparasitarse internamente cada 6 meses y aplicación de vacunas contra clostridium cada 6 meses y derriengue anualmente.

6.3 Variables evaluadas

- Tiempo de retiro de CIDR a inicio de estro (está variable se obtiene con las horas que transcurren desde la hora exacta en que se retira el dispositivo intravaginal y la hora en que la vaca permite la monta por primera vez).
- Duración del estro (esta variable se obtiene con la hora exacta en que la vaca permite la primera monta y la hora en que recibe la última monta).
- Numero de montas permitidas durante el estro (es el total de veces que una vaca permite la monta durante el estro).
- Tasa de estros (del número total de vacas, es el porcentaje que entran en celo).
- Tasa de preñez (del número total de los animales, es la proporción de vacas que resultan preñadas).

6.4 Diseño experimental

Experimento 1. En la explotación “La Aurora” (CIDR reutilizado y vacas con un solo ordeño manual): se utilizaron 50 ejemplares doble propósito (*Bos indicus* x *Bos taurus*) de los cuales 40 fueron vacas multíparas y 10 vaquillas, se determinó por ultrasonografía transrectal, su estado reproductivo para posteriormente ser distribuidas en dos grupos: tratamiento 1 (T1) con = 20 vacas y 5 vaquillas y el tratamiento 2 (T2) con = 20 vacas y 5 vaquillas; los ejemplares del T1 fueron presincronizadas 15 d previos a la sincronización (con 5 mL de PGF_{2α}) y los ejemplares del T2 se presincronizaron 10 d previos a la sincronización (con 5 mL de PGF_{2α}); la sincronización se hizo con CIDR por 5 d (inserción CIDR e inyección intramuscular de 1 mL de cipionato de estradiol y, al momento del retiro del CIDR se inyectó 0.5 mL de cipionato de estradiol y 5 mL de PGF_{2α}).

Se hicieron dos resincronizaciones (14 d después de la IA se colocó el dispositivo intravaginal por 7 d más) para hacer un segundo y tercer servicio, con la finalidad de obtener la tasa de estros e incremento de tasa de preñez, así como el comportamiento

en las variables número de montas, tiempo de retiro a estro y duración del estro (Figura 1).

Experimento 2. En la explotación “La Flor” (CIDR nuevo y vacas con dos ordeños al día, mecanizado): se utilizaron 38 ejemplares doble propósito (*Bos indicus* x *Bos taurus*) de los cuales 34 fueron vacas multíparas y 4 vaquillas, se determinó por ultrasonografía transrectal su estado reproductivo y, posteriormente fueron distribuidas en dos grupos: tratamiento 1 (T1) con = 17 vacas y 2 vaquillas y tratamiento 2 (T2) con = 17 vacas y 2 vaquillas; los ejemplares del T1 fueron presincronizadas 15 d previos a la sincronización (con 5 mL de PGF_{2α}) y los ejemplares del T2 se presincronizaron 10 d previos a la sincronización (con 5 mL de PGF_{2α}); la sincronización se hizo con CIDR por 5 d (inserción CIDR, inyección intramuscular de 1 mL de cipionato de estradiol y, al momento del retiro del CIDR se inyectó 0.5 mL de cipionato de estradiol y 5 mL de PGF_{2α}).

Se hicieron dos resincronizaciones (14 d después de la IA se colocó el dispositivo intravaginal por 7 d más) para hacer un segundo y tercer servicio para obtener la tasa de estros e incremento de tasa de preñez, así como el comportamiento en las variables número de montas, tiempo de retiro a estro y duración del estro (Figura 2).



Figura 1: Tratamiento 1: Presincronización 15 días antes de la sincronización con dispositivos intravaginales (CIDR) reutilizados. PGF₂α: Prostaglandina F₂α; CIDR: Dispositivo intravaginal liberador de progesterona.



Figura 2: Tratamiento 2: Presincronización 10 días antes de la sincronización con dispositivos intravaginales (CIDR) reutilizados. PGF₂α: Prostaglandina F₂α; CIDR: Dispositivo intravaginal liberador de progesterona.

6.5 Análisis estadístico

El diseño experimental, que se utilizó en el presente estudio, para ambos experimentos fue un completamente aleatorizado teniendo como fuente de variación el tiempo de presincronización y el análisis estadístico se realizó con el programa estadístico SAS (SAS 2003), a través de análisis de varianza para las variables tiempo de retiro del dispositivo CIDR a estro, duración del estro, número de montas permitidas durante el estro; con comparación de medias mediante el estadístico de prueba Tukey ($P < 0.05$). Las variables tasa de estros y tasa de preñez fueron analizadas a través del estadístico Ji-cuadrada con los comandos PROC FREQ.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Tiempo de retiro del dispositivo CIDR a estro

Los resultados indican que no existe diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) en ninguno de los dos experimentos, tampoco se presentó diferencia por el tratamiento utilizado. Los datos obtenidos en el Rancho “La Flor” (Cuadro 2) fueron superiores numéricamente a los del Rancho “La Aurora” (Cuadro 1), teniendo en la presincronización de 15 d (T1) 34.85 h y para la presincronización de 10 d (T2) 34.71 h. Estos datos son inferiores a los encontrados por Peralta *et al.* (2010) quienes con vacas Brahman tuvieron un intervalo de 42 ± 6.96 h, al igual que Martínez (2009) obtuvo, como parte de sus resultados en vacas Brahman cíclicas, tiempo de retiro de dispositivo intravaginal CIDR a estro de 42.2 ± 12.1 h, y en vacas acíclicas 44.6 ± 15.6 h, sin diferencias significativas. Abad *et al.* (2006) encontraron que en vaquillas Charolais trabajadas con CIDR y estradiol, fue de 45 h el tiempo en presentar celo, datos superiores a los reportados en el presente estudio. Sin embargo, se obtuvieron resultados similares a los encontrados por Santos (2012) en vacas de doble propósito en la costa de Oaxaca, quien obtuvo tiempo de retiro a estro de 35.30 ± 1.08 h en sistema de producción semi extensivo y 34.10 ± 1.37 h en sistema de producción extensivo.

7.2 Duración del estro

La detección de celos forma parte de las actividades prioritarias en la rutina de la sincronización de estros para IA eficiente (Al-Makhzoom *et al.* 2008). La duración del estro no fue afectada por el tratamiento en ninguno de los dos experimentos; en el rancho “La Aurora” en el T2 tuvo duración de 11.05 ± 1.00 h y en el T2 11.60 ± 1.64 h; mientras que en el rancho la flor en el T1 la duración del estro fue de 11.14 ± 1.08 h y para el T2 10.10 ± 1.30 h. Resultados presentados por Martínez (2009) mostraron duración promedio del estro de 12.5 ± 2.4 h en vacas cíclicas y 16.0 ± 3.0 h en vacas acíclicas, lo cual demuestra que el uso de progesterona más benzoato y prostaglandina permite

agrupar los estros, en vacas Brahman, durante un lapso de corto tiempo. Otro estudio realizado por Castro & Gómez (1979) en ganado lechero, obtuvieron como resultado duración del estro de 14.2 ± 3.77 h. La duración del estro tiene un intervalo de 9 h a 28 h, y esto depende de la raza, la zona geográfica y la edad de la vaca (Sepúlveda & Rodero 2003.).

7.3 Número de montas permitidas durante el estro

Una de las medidas para determinar la intensidad del celo, es el número de veces que la vaca se deja montar durante el estro, por lo que en el presente estudio fue importante determinar esta variable en cada una de las vacas. No se presentó diferencia estadística ($P < 0.05$) por tratamiento en cada uno de los experimentos (Cuadros 1 y 2), para el rancho La “Aurora” en el T1 se obtuvieron 36.56 ± 6.47 montas y para el T2 42.47 ± 10.53 , similares a los resultados obtenidos en el rancho La “Flor”, en el T1 fueron 35.42 ± 6.47 y en el T2 45.70 ± 14.70 montas. El número de montas en cada vaca puede variar, y depende de múltiples factores como, el espacio disponible para caminar, la temperatura y el número de vacas que se encuentran en el mismo lugar (Hurnik *et al.* 1975).

Cuadro 1. Respuesta reproductiva por efecto de tiempo de presincronización en vacas de doble propósito sincronizadas con CIDR en el rancho “La Aurora”.

Variable	Presincronización 15 días	Presincronización 10 días
	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$
Observaciones	25 (25)	25 (17)
Tiempo de retiro a estro	29.11±1.50 ^a	30.36±1.85 ^a
Número de montas	36.56±6.47 ^a	42.47±10.53 ^a
Duración del estro	11.05±1.00 ^a	11.60±1.64 ^a

\bar{x} = media, EE= Error estándar, ^{a, b}= Literales distintas en la misma fila son estadísticamente diferentes (P<0.05).

Cuadro 2. Respuesta reproductiva por efecto de tiempo de presincronización en vacas de doble propósito sincronizadas con CIDR en el rancho “La Flor”.

Variable	Presincronización 15 días	Presincronización 10 días
	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$
Observaciones	19 (12)	19 (13)
Tiempo de retiro a estro	34.85±1.25 ^a	34.71±1.11 ^a
Número de montas	35.42±6.47 ^a	45.70±14.70 ^a
Duración del estro	11.14±1.08 ^a	10.10±1.30 ^a

\bar{x} = media, EE= Error estándar, ^{a, b}= Literales distintas en la misma fila son estadísticamente diferentes (P<0.05).

7.4 Tasa de estro y tasa de gestacion en la sincronización y resincronización

La tasa de estros no fue afectada por el tiempo de presincronización en el Rancho “La Flor” (Cuadro 4), en el T1 se obtuvo 63.16% de estros y en el T2 68.4% de los animales entraron en celo; sin embargo, en el Rancho “La Aurora” (Cuadro 3) hubo diferencia estadística ($P < 0.05$) en esta variable; siendo mayor en el T1 con 100 % y en el T2 se presentó 68% de celo en los animales. Ávila *et al.* (2014) obtuvieron tasa de estro de 81.48%, menor a la encontrada en el Rancho “La Aurora”, pero mayor a la obtenida en el Rancho “La Flor”. De igual manera Martínez (2007), utilizando dispositivos intravaginales nuevos y prostaglandina, obtuvo 90.9% de vacas que entraron en celo. La variable tasa de gestación no fue afectada por el tratamiento en ninguno de los dos experimentos, en el rancho “La Aurora” (Cuadro 3), se obtuvo una tasa de preñez al tercer servicio para T1; de 48% y para T2; 44%, superiores a los obtenidos en el rancho “La Flor” (Cuadro 4), en el cual la tasa de preñez en T1 y T2; fueron de 36.84% en cada uno. Los resultados, en cuanto a preñez, son inferiores a los observados por Colazo *et al.* (2004) en vacas *Bos taurus* con 63.8% al primer servicio con CIDR nuevo, pero superiores en el rancho “La Aurora” a los obtenidos con CIDR de dos usos y de tres usos con valores de 47.9% en ambos casos. En vacas utilizadas para producción de leche, el manejo nutricional se debe enfocar hacia una óptima producción de láctea, sin descuidar la sanidad y principalmente la fertilidad, debido a que ésta se puede ver deteriorada y obtener porcentajes bajos de preñez (Berry *et al.* 2016), la capacidad de consumo de alimento de las vacas es limitada para cubrir niveles de producción, y el animal tiene que recurrir a sus reservas corporales (Drackley 1999).

Ledezma *et al.* (2015) realizaron sincronización del estro por medio de aplicación de CIDR usados durante 7 d en vacas raza Simmental, Simbrah y Tuli, administraron 2.76 mg de estradiol IM, y al retiro del dispositivo inyectaron 25 mg de $\text{PGF}_{2\alpha}$. En el tratamiento de 7 d obtuvieron 58.3 % de preñez y en el tratamiento de 14 d 66.7%. Otro trabajo realizado por Rodríguez-Martínez *et al.* (2018) en vacas Holstein utilizando en un tratamiento 1: Ovsynch, recibiendo 100 mg de GnRH (día 1), 25 mg de $\text{PGF}_{2\alpha}$ (día 7) y 100 mg GnRH (día 9); tratamiento 2: Ovsynch + CIDR, consistió en el protocolo Ovsynch

más un dispositivo de liberación controlada de progesterona (CIDR), la tasa de preñez fue similar entre tratamientos, encontrándose 28 % para el OV y 32 % para OV + C a primer servicio; resultados superiores a los encontrados en este trabajo en el primer servicio, donde el porcentaje más alto fue obtenido en el rancho “La Aurora ” con 28% de preñez. En vacas de doble propósito sincronizadas en Santander Colombia, Martínez & Bohórquez (2011) obtuvieron porcentajes de preñez con dispositivos intravaginales nuevos de 50%, con dispositivos usados una vez se obtuvo 30% de preñez y con dispositivos usados dos veces solo 3.3% de vacas gestantes, los resultados obtenidos con dispositivos de segundo uso fueron inferiores a los encontrados en el Rancho “La Aurora” ya que los resultados en el primer servicio fueron en el T1 12% y en el T2 28%. Martínez (2009), comprobó que la utilización de CIDR reutilizados hasta tercera ocasión permite obtener vacas gestantes en una proporción similar al uso de CIDR nuevos.

Cuadro 3. Tasa porcentual de estros y de gestación al primer, segundo y tercer servicio en vacas de doble propósito sincronizadas y resincronizadas con progesterona en el Rancho “La Aurora”.

Duración de la presincronización	n	Estros			Preñez		
		Sincronización	Primera resincronización	Segunda resincronización	Primer servicio	Segundo servicio	Tercer servicio
15 d	25	100.00 ^a	44.00 ^a	20.00 ^a	12.00 ^a	32.00 ^a	48.00 ^a
10 d	25	68.00 ^b	20.00 ^a	12.00 ^a	28.00 ^a	36.00 ^a	44.00 ^a

d= Días, n= Número de observaciones, ^{a, b}= Literales distintas en la misma fila son estadísticamente diferentes (P<0.05).

Cuadro 4. Tasa porcentual de estros y de gestación al primer, segundo y tercer servicio en vacas de doble propósito sincronizadas y resincronizadas con progesterona en el Rancho “La Flor”.

Duración de la presincronización	n	Estros			Preñez		
		Sincronización	Primera resincronización	Segunda resincronización	Primer servicio	Segundo servicio	Tercer servicio
15 d	19	63.16 ^a	31.58 ^a	42.11 ^a	15.79 ^a	26.32 ^a	36.84 ^a
10 d	19	68.4 ^a	36.84 ^a	26.32 ^a	10.53 ^a	15.79 ^a	36.84 ^a

d= Días, n= Número de observaciones, ^{a, b}= Literales distintas en la misma fila son estadísticamente diferentes (P<0.05).

7.5 Correlacion y regresión de las vaariables tiempo de retiro a estro, número de montas durante el estro y duración del estro

La relación que existe entre las variables entorno al estro (cuadro 5 y 6); tales como tiempo del retiro del dispositivo intravaginal CIDR a estro, número de montas permitidas por unidad experimental en estro y la duración del estro es significativa ($P < 0.05$); positiva entre número de montas permitidas y duración del estro; y negativa entre la variable tiempo de retiro del dispositivo intravaginal CIDR a estro con la duración del estro y con el número de montas permitidas.

La duración del estro se incrementa en un intervalo de 5 minutos (0.08 h) a 5.5 (0.09 h) minutos con 15 d de presincronización y 2.5 (0.04 h) a 7 minutos (0.11 h) con presincronización de 10 d por cada monta adicional en la variable número de montas permitidas, en contraste con la relación que se da con la variable tiempo de retiro del dispositivo intravaginal CIDR a estro en la cual existe una disminución en la duración del estro en un rango de 30 minutos (0.50 h) a 46 minutos (0.77 h) en presincronización de 15 d y de 48 minutos (0.80 h) a 62 minutos (1.03 h) en presincronización de 10 d por cada hora en que se incremente la variable tiempo de retiro del dispositivo a estro. Lo anterior nos indica que las hembras bovinas presentan intensidad en su estro y se pudiese interpretar que entre más tiempo tarda la vaca en entrar en celo la duración del estro es menor, siendo mayor ese efecto en vacas con 10 d de presincronización.

Cuadro 5. Correlación entre tiempo de retiro a estro, número de montas durante el estro y duración del estro en vacas doble propósito en el rancho “La Aurora”.

Duración de la presincronización	Función	Coefficiente de correlación (r)	Coefficiente de determinación (r ²)
15 d	Duración del estro= 25.70-0.50 Tiempo de retiro a estro	-0.7516*	0.5649
10 d	Duración del estro = 36.01-0.80 Tiempo de retiro a estro	-0.9034*	0.8162
15 d	Tiempo de retiro a estro = 33.66-0.12 Número de montas	-0.5375*	0.2890
10 d	Tiempo de retiro a estro = 35.35-0.12 Número de montas	-0.6703*	0.4493
15 d	Duración del estro = 8.19+0.08 Número de montas	0.5058*	0.2559
10 d	Duración del estro = 6.94+0.11 Número de montas	0.7022*	0.4931

d= Días, *=Relación significativa (P≤0.05).

Cuadro 6. Correlación entre tiempo de retiro a estro, número de montas durante el estro y duración del estro en vacas doble propósito en el rancho “La Flor”.

Duración de la presincronización	Función	Coefficiente de correlación (r)	Coefficiente de determinación (r ²)
15 d	Duración del estro = 38.00-0.77 Tiempo de retiro a estro	-0.8904*	0.7929
10 d	Duración del estro = 45.80-1.03 Tiempo de retiro a estro	-0.8745*	0.7648
15 d	Tiempo de retiro a estro = 39.35-0.13 Número de montas	-0.6580*	0.4330
10 d	Tiempo de retiro a estro =36.54-0.04 Número de montas	-0.5315*	0.2825
15 d	Duración del estro = 7.91+0.09 Número de montas	0.5466*	0.2987
10 d	Duración del estro = 8.05+0.04 número de montas	0.5038*	0.2538

d= Días, *=Relación significativa

VIII. CONCLUSIONES

Las variable tiempo de retiro del dispositivo intravaginal (CIDR) a estro, número de montas y duración del estro no fueron afectadas estadísticamente por el tiempo de presincronización (15 d y 10 d).

La tasa de estros en la sincronización es la única variable que es afectada estadísticamente por la fuente de variación, teniendo 100 % en presincronización de 15 d y 68% en la presincronización de 10 d.

La tasa de gestación no es afectada estadísticamente por los días de presincronización en el primer, segundo y tercer servicio. Los porcentajes bajos de gestación se pueden deber a que la alimentación no cumple con los requerimientos de energía neta de producción..

La resincronización incrementa la tasa de gestación de 21 % a 34 % o más de un primer a tercer servicio.

Con la finalidad de obtener la mayor cantidad de hembras gestantes en el menor tiempo posible, se ha implementado el desarrollo de protocolos que permitan sincronizar el retorno al estro en las hembras que no se preñaron en el primer servicio. Los dispositivos intravaginales pueden ser reutilizados ya que la cantidad hormonal en ellos está dada en gramos y la cantidad que las vacas necesitan para poder entrar en calor es en nanogramos.

IX. LITERATURA CITADA

- Abad, Z. J., Ramírez, G. J. A., Flores, M. A., Grado, A. A. & García, M. A. 2006. Benzoato de estradiol en vaquillas sincronizadas con progesterona y prostaglandina- F. Arch Zootec 55(209):15-20.
- Adams, G. P. R., R. L. Matteri., J. P. Kastelic., J. C. Ko. & O. J. Ginther. 1992. Association between surges of follicle stimulating hormone and the emergence of follicular waves in heifers. J. Reprod. Fertil. 94(1):177-188.
- Al-Makhzoomi, A., N. Lundeheim., M. Haard., H. Rodríguez-Martínez. 2008. Sperm morphology and fertility of progeny-tested AI dairy bulls in Sweden. Theriogenology 70(4): 682–691.
- Alonso-Alanusa, L. Galina-Hidalgo, C. Romero-Zúñiga, S. Estrada-König & J. Galindo-Badilla. 2012. Utilidad de la palpación rectal y la ecografía transrectal en el diagnóstico de gestación del ganado cebú en el trópico húmedo de Costa Rica. Revista Científica FCV-LUZ 22(1):9-16.
- Amores, C. E & J.A. Delgado. 2010. Efecto de sincronización y resincronización de celos sobre el porcentaje de preñez en la raza Brangus. Tesis de licenciatura. Universidad autónoma de Zamorano. Zamorano, Honduras.
- 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.
- Austin, E. J., M. Mihm., A. C. O. Evans., P. G. Knight., J. L. H. Ireland, J. J. Ireland & J. F. Roche. 2001. Alterations in intrafollicular regulatory factors and apoptosis during selection of follicles in the first follicular wave of the bovine estrous cycle. Biology of reproduction 64:839-848.
- Ávila, S. N. Y., Palacios, E. A., Arroyo, L. J., Camacho, E. M. A., Espinoza, V. J. L., Galicia, J. M. M., López, G. S. J. & Sánchez, B. E. I. 2014. Efecto de resincronización sobre la tasa de preñez en vacas doble propósito sincronizadas con CIDR. P. 643-648, en: Memoria de la XXIV reunión internacional sobre producción de carne y leche en climas cálidos. Mazatlán, Sinaloa.
- Bastos M. R., M. C. C. Mattos., M. A. P. Meschiatti., R. S. Surjus., M. M. Guardieiro., J. C. P. Ferreira., G. B. Mourao., A. V. Pires., M. V. Biehl., A. M. Pedroso., F. A. P. Santos. & R. Sartori. 2010. Ovarian function and circulating hormones in nonlactating Nelore versus Holstein cows. Act. Sci. Vet. 38(2):776 (Abstract).

- Berry D.P., N.C. Friggens., M. Lucy & J.R. Roche. 2016. Milk production and fertility in cattle. *Rev. Anim. Biosci.* 15:269-290.
- Bleach, E. C. L., R. G. Glencross., P. G. Knight. 2004. Association between ovarian follicle development and pregnancy rate in dairy cows undergoing, spontaneous oestrous cycles. *Reproducción* 127(5):621-629.
- 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.
- Bó G. A., G. P. Adams., R. A. Pierson., H. E. Tribulo., M. Caccia. & R. J. Mapletoft. 1994. Follicular wave dynamics after estradiol-17 β treatment of heifers with or without a progestogen implant. *Theriogenology* 41(8):1555-1569.
- Bó, G. A., Adams, G.P., M. Caccia., M. Martínez., R. A. Pierson. & R. J. Mapletoft. 1995a. Ovarian follicular wave emergence after treatment with progestogen and estradiol in cattle. *Anim. Reprod. Sci.* (39):193-204.
- Bó, G.A., G. P. Adams., R. A. Pierson & R. J. Mapletoft. 1995b. Exogenous control of follicular wave emergence in cattle. *Theriogenology* 43: 31-40.
- Bó, G.A. & M. Caccia. 2000. Ultrasonografía reproductiva en el ganado bovino. *Rev. Taurus* 2(5): 23-39.
- Bó, G. A., D. R. Bergfelt., G. M. Brogliatti., R. A. Pierson., G. P. Adams & R. J. Mapletoft. 2000. Local versus systemic effects of exogenous estradiol-17 beta on ovarian follicular dynamics in heifers with progestogen implants. *Anim. Reprod. Sci.* 59(3):141-157.
- Bó, G. A., L. Cutaia. & R. Tríbulo. 2002. Tratamientos hormonales para inseminación artificial a tiempo fijo en bovinos para carne: algunas experiencias realizadas en Argentina. *Rev. Taurus* 4(15): 17 – 32.
- Bridges, G. A., L. A. Hesler., D. E. Grum., M. L. Mussard., C. L. Gasser. & M.L. Day. 2008. Decreasing the interval between GnRH and PGF2 α from 7 to 5 days and lengthening proestros increases timed-IA pregnancy rates in beef cow. *Theriogenology*. 69:843-851.
- Bueno, L. Á. S. & R. E. M. Dunn B. 2008. Tasa de preñez en vaquillas anéstricas tratadas con CIDR más benzoato de Estradiol, Cipionato de Estradiol o GnRH e inseminadas a celo detectado. Tesis de Licenciatura. Universidad autónoma de Zamorano. Zamorano, Honduras.

- Burggraaf, S., C. R. Bunt., K. L. Macmillan. & M. J. Rathbone. 1997. Conceptual and commercially available intravaginal veterinary drug delivery systems. *Adv. Drug Deliv. Rev.* 28(3):363-392.
- Buxade, Carlos. 1995. *Zootecnia bases de producción animal*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España, 341 pp.
- Calderón-Chigoya, R., R. C. Calderón-Robles., A. Ríos-Utrera., M. Montaña-Bermúdez., J. Lagunes-Lagunes. & V.E. Vega-Murillo. 2016. Análisis productivo y reproductivo de vacas *Bos Taurus* x *Bos indicus* de doble propósito en clima subtropical húmedo. *Rev. Cien. FCV-LUZ* 26(4):239-246.
- Caravaca, R. F. P., J. M. Castel., J. L. Guzmán. G., M. Delgado. P., Y. Mena., M. J. Alcalde. A. & P. González. 2005. *Bases de la producción animal*. Ed., Sevilla, España, 512 pp.
- Cardinali, D. P., J. J. Jórda, C. & E. J. Sánchez, B. 1994. *Fisiología de los ritmos biológicos*. Ed., Universidad de Cantabria, España. 158 pp.
- Castro A. & Gómez R. 1979. Duración del ciclo estral, del estro y tiempo de ovulación en ganado de leche, en climas cálidos de Colombia. *Revista ICA* 14(3):171-176.
- Chauvet, Michelle. 1999. *La ganadería bovina de carne en México: Del auge a la crisis*. Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco, México, 187 pp.
- Colazo MG., J. P. Kastelic & R. J. Mapletoft. 2003. Effects of estradiol cypionate (ECP) on ovarian follicular dynamics, synchrony of ovulation, and fertility in CIDR-based, fixed-time AI programs in beef heifers. *Theriogenology* 60(5):855-865.
- Colazo MG., J.P. Kastelic, M.F. Martínez, P.R. Whittaker, R. Wilde, J.D. Ambrose, R. Corbett & R.J. Mapletoft. 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., R. J. Mapletoft., M. F. Martínez. & J. P. Kastelic. 2007. El uso de tratamientos hormonales para sincronizar el celo y la ovulación en vaquillonas. *Cien. Vet.* 9(1):4-19.
- Colazo, M. G. & R. J. Mapletoft. 2014. Fisiología del ciclo estral Bovino. *Rev. Cie. Vet.* 16(2):31-46.
- Corredor, C. E.S. & E. M. Páez, B. 2012. Aplicaciones de la ultrasonografía en la reproducción bovina: revisión. *Ciencia y Agricultura* 9(2): 29-37.

- Cutaia, L., G. Veneranda., R. Tríbulo., P. S. Baruselli & G. A. Bó. 2003. Programas de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo en rodeos de cría: factores que lo afectan y resultados productivos. Vto. Simposio Internacional de Reproducción Animal. pp 119-132.
- De Ondiz, Sánchez. A., F. Perea G., R. Cruz A., G. Portillo M. & E. Soto B. 2002. Evaluación ultrasonográfica del crecimiento del folículo ovulatorio en vacas anéstricas mestizas Cebú post-tratamiento con Norgestomet y eCG. *Prod. Anim.* 2002. 10(1):20-23.
- Drackley J.K. 1999. Biology of dairy cows during the transition period: the final frontier. *J. Dairy Sci.* 82:2259-2273.
- Echeverria, C. Luisa. 2001. La ecografía como técnica diagnóstica. *Rev. Inv. Vet. Perú* 12(2):185-186.
- Espinal T. Ángel G. & B.E. García M. 2009. Efecto de la aplicación de eCG en el día ocho del tratamiento con dispositivos intravaginales DIV-B sobre el porcentaje de preñez en vacas de aptitud lechera con baja condición corporal. Tesis de Licenciatura. Universidad autónoma de Zamorano. Zamorano, Honduras.
- Fernández, S. M. 2008. El ciclo estral de la vaca. Ed. Servet, España, 271 pp.
- Fernández de Córdova, D. B. L.F. 1993. Reproducción aplicada en el ganado bovino lechero. Ed., Trillas, México, 129 pp.
- Fortune, J. E. 1994. Ovarian follicular growth and development in mammals. *Bio. of reproduction* 50(2):225-232.
- Frandsen, R.D. & T.L. Spurgeon. 1995. Anatomía y fisiología de los animales domésticos. 5ta. Ed., McGraw-Hill. México, 527 pp.
- García, A. F., M.B. Rabaglino & M. B. Toreta. 2017. Re-sincronización de celos utilizando progestágenos y benzoato de estradiol, en vacas de carne (*Bos Taurus*) con cría al pie, manejadas en sistemas pastoriles de regiones áridas. *Rev. Elec. Vet.* 18(10):1-12.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Quinta edición. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 90 pp.
- Ginther, O. J., J. P. Kastelic & L. Knopf. 1989. Composition and characteristics of follicular waves during the bovine estrous cycle. *Anim. Reprod. Sci.* 20:187-200.

- Guaqueta, H. 2009. Ciclo Estral: fisiología básica y estrategias para mejorar la detección de celos. *Rev. Med, Vet. Zoot.* 56:163-183.
- Hafez, E.S.E. 1996. Reproducción e inseminación artificial en animales. 6ta. Ed., Interamericana, México, 542 pp.
- Hafez, E. S. & E. B. Hafez. 2002. Reproducción e inseminación artificial en animales domésticos. Séptima edición. Interamericana McGraw-Hill. México. 51 pp.
- 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.
- Huanca L. Wilfrido. 2001. Inseminación Artificial a tiempo fijo en vacas lecheras. *Rev. Inv. Vet. Perú.* 12(2):161-163.
- Hurnik, J.F., G.J. King & H.A. Robertson. 1975. Estrous and related behaviour in postpartum Holstein cows. *App. Ani. Etho.* 2(1):55-68.
- Illera M.M. 1994. Reproducción de los animales domésticos. 1ra. Ed., Mundi-prensa, Barcelona, 59-96 pp.
- Kastelic, J. P., L. Knopf & O. J. Ginther. 1990. Effect of day of prostaglandin F2 α treatment on selection and development of the ovulatory follicle in heifers. *Anim. Reprod. Sci.* 23:169-180.
- Koeslag, H. J. & F. Orozco, L. 1990. Bovinos de carne. 2da. Ed., Trillas, México, 100 pp.
- Krahmer, R. & Schröder L. 1979. Anatomía de los animales domésticos. Ed. Acribia. España. 324 pp.
- Lane, E. A., E. J. Austin & M. A. Crowe. 2008. Oestrous synchronization in cattle-current options following the EU regulations restricting use of oestrogenic compounds in food-producing animals: a review. *Anim. Reprod. Sci.* 109:1-16.
- Lauderdale, J. W., B. E. Seguin., J. N. Stellflug., J. R. Chenault., W. W. Thatcher., C. K. Vincent & A. F. Loyancano. 1974. Fertility of cattle following a PGF2 α injection. *J. Anim. Sci.* 38(5):964-967.
- Laverdiere, G., L. Roy., J. Proulx., D. Lavoie & J. J. Dufour. 1995. Estrus synchronization efficiency of PGF2 α injection in Shorthorn-Hereford and crossbred Charolais cattle not having exhibited estrus at 4 or 7 days prior to treatment. *Theriogenology* 43:899-911.

- Ledezma, R., D. Garza., G. Moreno., N. Manzanares., F. Picón., R. Ramírez & F. Sánchez. 2015. Efecto del CIDR posinseminación sobre la tasa de preñez en vacas de carne. CIENCIA UANL 18(73):62-68.
- Lefebvre, D.M. & E. Block. 1992. Effect of recombinant bovine somatotropin on estradiol-induced estrous behavior in ovariectomized heifers. J. Dairy Sci. 75(6): 1461-1464.
- Leitman, N. R., Bush 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. Anim. Reprod. Sci. 114(4):345-355.
- López, D. P. S. J. & S. Martín, C. 2015. Manejo de animales reproductores. 5ta. Edición. Ed. Elearning. España. 508 pp.
- López Ordaz, R., R. García C., J. G. García Muñiz. & R. Ramírez V. 2009. Producción de leche de vacas con diferentes porcentajes de genes Bos Taurus en el trópico mexicano. Téc. Pec. en México. 47(4):435-448.
- Lucy, M. C., J. S. Stevenson. & E. P. Call. 1986. Controlling first service and calving interval by prostaglandin F₂ α , gonadotropin-releasing hormone, and timed insemination. J. Dairy Sci. 69:2186-2194.
- Lucy, M. C., Y. J. Billings., W. R. Butler., L. R. Ehnis., M. J. Fields., D. J. Kesler., J. E. Kinder., R. C. Mattos., R. E. Short., W. W. Thatcher., R. P. Wettemann., J. V. Yelich & H. D. Hafs. 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.
- Lucy M.C., S. McDougall & D.P. Nation. 2004. The use of hormonal treatment to improve the reproductive performance of lactating dairy cows in feedlot or pasture-based management systems. Anim. Reprod. Sci. 82(83): 495-512.
- Macmillan, K. L. & A. J. Paterson. 1993. A new intravaginal progesterone releasing device for cattle (CIDR-B) for oestrus synchronization, increasing pregnancy rates and the treatment of post-partum anoestrus. Anim. Reprod. Sci. 33:1-25.
- Madero, S., O. De Dominicis., F. Cantalops., G. Uslenghi. & S. Callejas. 2012. Efecto de dos dosis de cipionato de estradiol y del rango horario para la IATF sobre la tasa de preñez en vaquillonas. Rev. Vet. 23(1):46-48.
- Mantovany, A. P., M. F. Filho., E. L. Reis., M. Nichi., G. A. Bó. & P. S. Baruselli. 2004. Efeito da concentracao plasmática de progesterona na dinâmica folicular em novilhas Bos indicus x Bos Taurus. Acta. Sci. Vet. 32:232.

- Mapletoft, R.J., M. F. Martínez., M. G. Colazo & J. P. Kastelic. 2003. The Use of Controlled Internal Drug Release Devices for the Regulation of Bovine Reproduction. *J. Ani. Sci.* 81(2): 28–36.
- Marini, P. R., I. Galassi & R. J. Di Masso. 2010. Relación entre el lapso de detección de celo-inseminación y el porcentaje de preñez en vacas lecheras celo-inseminación y porcentaje de preñez. *Invet.* 12(1):69-73.
- Martínez C. A. P & Bohórquez J. 2011. Utilización de dispositivos intravaginales (CIDR-B) nuevos y usados en vacas doble propósito y su efecto en la tasa de preñez. Tesis de Maestría. Universidad de Córdoba, Argentina.
- Martínez, M. F., G. P. Adams., D. Bergfelt., J. P. Kastelic & R.J. Mapletoft. 1999. Effect of LH or GnRH on the dominant follicle of the first follicular wave in heifers. *Ani. Reprod. Sci.* 57:23-33.
- Martínez, P.G. 2009. Reutilización de dispositivos intravaginales de liberación controlada y su efecto en el porcentaje de gestación en vacas Brahman. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados. Texcoco, México.
- Martínez, P. M. B. 2007. Efecto de los progestágenos Crestar y CIDR en la inducción y sincronización de celos en ganado cebuino, en la hacienda las Mercedes, Departamento de Francisco Morazán, Honduras. Tesis de licenciatura. Honduras.
- Massimiliano, Elli. 2005. Manual de reproducción en ganado vacuno. Ed., Servet. España. 178 pp.
- Mejía-Bautista, G. T., J. G. Magaña., J. C. Segura- Correa; R. Delgado. & R. J. Estrada-León. 2010. Comportamiento reproductivo y productivo de vacas *Bos indicus*, *Bos Taurus* y sus cruces en un sistema de producción vaca: cría en Yucatán, México. *Trop. and Subtro. Agro.* 12:289-301.
- Melo, W.O., J. A. T. Souza., A. K. S. Elías., I. J. Rocha; E. J. Conceição., J. J. M. Martínez, J. J. M., R. Valarelli. & J.R.S. Torres-Júnior. 2011. Oestradiol and prostaglandin on conception rate of fixed-time inseminated nellore cows. *Arch. Zootec.* 60(230):305-308).
- Munro, P. K. 1987. Factors affecting oestrus response and calving rates following 7- day intravaginal progesterone treatment of cattle. *Austr. Vet. J.* 64 (6): 192-194.
- Murphy, M. G., M. P. Boland. & J. F. Roche. 1990. Pattern of follicular growth and resumption of ovarian activity in post-partum beef suckler cows. *J. Reprod. Fertil.* 90(2):523-533.

- Murugavel, K. 2003. Reproductive performance of dairy cows following different estrous synchronization protocols. Ph. Disertation. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona, España. 137 pp.
- Nájera-Garduño, A., R. Piedra-Matías., B. Albarrán-Portillo & A. García-Martínez. 2016. Cambios en la ganadería doble propósito en el trópico seco del estado de México. *Agrociencia* 50:701-710.
- Nebel, R. L., M. G. Dransfield., S. M. Jobst. & J. H. Bame. 2000. Automated electronic systems for the detección of oestrus and timing of AI in cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 60-61:713-723.
- Nusshag, W. 1977. Compendio de Anatomía y Fisiología de los animales domésticos. Ed. Acribia. España. 368 pp.
- Odde, K. G. 1990. A review of synchronization of estrus in postpartum cattle. *J. Anim. Sci.* 68:817-830.
- Palma, Gustavo. 2001. Biotecnología de la reproducción. Ed. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, Argentina. 695 pp.
- Peralta-Torres, J. A., Aké-López, J. R., Centurión-Castro, F. G. & Magaña-Monforte, J. G. 2010. Comparación de 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 y Ciencia* 26(2):163-169.
- Pérez, Guerra, U. H., R. Adco, M., N. Luque, M. & Y. M. Quispe, B. 2017. Evaluación ultrasonográfica de dos protocolos de sincronización de celo en vacas. *SPERMOVA* 7(1):53-56.
- Pérez, M.A. 2009. Regulación neuroendocrina del ciclo estral en la hembra bovina. *Rev. Res.* 1(1):10-21.
- Peterson, A. J. & H. C. Henderson. 1990. Plasma progesterone concentrations in ovariectomized dairy cows treated with a CIDR-B breeding device. *J. Reprod. Fertil.* 43:315.
- Pieterse, M. C. 1999. El ultrasonido en la reproducción bovina y aplicaciones en diagnóstico y tratamiento. *Rev. Taurus* 1(1):18-26.
- Pineda, M. H. 1991. Endocrinología veterinaria y reproducción: Sistema reproductor de la hembra. 4ta. Edición. McGraw-Hill. México. 344 pp.
- Porras, Almeraya, A. I. & R. M. Páramo, R. 2009. Manual de prácticas de reproducción animal. UNAM. México. 244 pp.

- Pursley, J. R., M. C. Wiltbank., J. S. Stevenson., J. S. Ottobre., H. A. Garverick & L. L. Anderson. 1997. Pregnancy rates per artificial insemination for cows and heifers inseminated at a synchronized ovulation or synchronized estrus. *J. Dairy Sci.* 80:295-300.
- Quíntela, A. L.A., C. Díaz. P., P. J. García. H., A. I. Peña. M. & J. J. Becerra. G. 2006. *Ecografía y reproducción en la vaca.* Ed., SPIC, España, 92 pp.
- Rathbone, M. J., J. E. Kinder., K. Fike., F. Kojima., D. Clopton., C. R. Ogle. & C. R. Bunt. 2001. Recent advances in bovine reproductive endocrinology and physiology and their impact on drug delivery system design for the control of the estrous cycle in cattle. *Adv. Drug. Deliv. Rev* 50(3): 277-320.
- Richardson, A. M., B. A. Hensley., T. J. Marple., S. K. Johnson. & J. S. Stevenson.2002. Characteristics of estrus before and after first insemination and fertility of heifers after synchronized estrus using GnRH, PGF 2α , and progesterone. *J. Anim. Sci.* 80:2792-2800.
- Rodríguez-Hernández, T., J. Espinoza. & O. Verde. 1995. Efecto del momento de inseminación artificial, masaje clitórico, temperatura rectal y otros factores sobre la preñez en bovinos. *Zootecnia Trop.* 13:129-149.
- Roche, J. F. 1974. Synchronization of oestrus and fertility following artificial insemination in heifers given prostaglandin F 2α . *J. Reprod. Fertil* 37:135-138.
- Rodríguez-Martínez, R., I.C. Chavarría N., C.A. Meza-Herrera., A.S. Alvarado-Espino., J.L. Morales C., V.H. González-Álvarez., M.G. Calderón-Leyva., F.G. Véliz D & O, Ángel-García. 2018. Eficiencia reproductiva de Ovsynch + CIDR en vacas Holstein bajo un esquema de inseminación artificial a tiempo fijo en el norte de México. *Rev. Mex. de Cie. Pec.* 9(3): 506-517.
- SAGARPA (Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2004. México D.F. Disponible en <https://www.gob.mx/sagarpa/articulos/mexico-unico-en-proteccion-ganadera-total?idiom=es>. Fecha de consulta: 19 de octubre de 2018.
- Salgado, O. Roger; M. González. J. Simanca. 2007. Inseminación artificial a tiempo fijo en vacas Brahman lactantes. *Rev. MVZ Córdoba.* 12(2): 1050-1053.
- Santos G. D. 2012. Respuesta al protocolo de sincronización CIDR-B^R (FAST-BACK) en dos explotaciones con diferente manejo en la región costa de Oaxaca. Tesis de Licenciatura. Universidad del Mar, Oaxaca, México.

- Saumande, J. & P. Humblot. 2005. The variability in the interval between estrus and ovulation in cattle and its determinants. *Anim. Reprod. Sci.* 85(3):171-182.
- Savio, J. D., M. P. Boland. & J. F. Roche. 1990. Development of dominant follicles and length of ovarian cycles in post-partum dairy cows. *J. Reprod. Fertil.* 88(2):581-591.
- Seguin, B. 1987. Control of the reproductive cycle in dairy cattle. *Proceedings of the Annual Meeting of the Society for Theriogenology.* 300-308 pp.
- Senger, P. L. 1994. The estrus detection problema: new concepts, technologies, and possibilities. *J. Dairy Sci.* 77(9):2745-2753.
- Sepúlveda, N. & E. Rodero. 2003. Comportamiento sexual durante el estro en vacas lecheras. *Interciencia* 28(9):500-503.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2016. Población ganadera. México, D.F. disponible en <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/165997/bovino.pdf>. Fecha de consulta: 18 de octubre de 2018.
- Sisson. S. & Grossman, J. D. 1982. *Anatomía de los animales domésticos.* Quinta edición. Ed. Elsevier Masson. España. 1335 pp.
- Solorzano, H. C.W. 2005. Evaluación de la eficiencia de un dispositivo intravaginal liberador de progesterona (CIDR), nuevo y reutilizado, para la sincronización del estro en un programa reproductivo en ganado Brangus. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Solorzano, H. C. W., H. Mendoza, J., G. Hidalgo, C., V. Godoy, A., V. Ávila, H. R. & R. García, S. 2008. Reutilización de un dispositivo liberador de progesterona (CIDR-B) para sincronizar el estro en un programa de transferencia de embriones bovinos. *Téc. Pecu. Méx.* 46(2):119-135.
- Stevenson, J. S., S. K. Johnson., M. A. Medina-Britos., A. M. Richardson-Adams & G. C. Lamb. 2003. Resynchronization of estrus in cattle of unknown pregnancy status using estrogen, progesterone, or both. *J. Anim. Sci.* 81(7):1681-1692.
- Sumba, L. Juan Pablo. 2012. Inseminación artificial con celo natural en vacas productoras de leche con semen sin el proceso de descongelado en el Cantón Paute. Tesis de Licenciatura. Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador.
- Thatcher, W. W., M. Drost., J. D. Savio., K. L. Macmillan., E. J. Schmitt., K. W. Entwistle., R. L. De la sota., G. R. Morris. 1993. New clinical uses of GnRH and its analogues in cattle. *Ani. Reprod. Sci.* 33:27-49.

- Thundathil, J., J. P. Kastelic & R. J. Mapletoft. 1997. The effect of estradiol cypionate (ECP) on ovarian follicular development and ovulation in dairy cattle. *Can. J. Vet. Res.* 62(4):314-316.
- Uslenghi, G., R. Chayer. & S. Callejas. 2010. Efectividad del cipionato de estradiol inyectado al final de un tratamiento con progesterona sobre la eficiencia reproductiva. *Rev. Vet.* 21(1):55-58.
- Urroz, M. Carlos. 1991. Elementos de anatomía y fisiología animal. Editorial Universidad Estatal a Distancia. España. 268 pp.
- Utt, M.D., F.D. Jousan. & W. E. Beal. 2003. The effects of varying the interval from follicular wave emergence to progestin withdrawal on follicular dynamics and the synchrony of estrus in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 81(6):1562-1567.
- Van Cleeff, J., Lucy M. C., C. J. Wilcox & W. W. Thatcher. 1992. Plasma and milk progesterone and plasma LH in ovariectomized lactating cows treated with new or used controlled internal drug release devices. *Anim. Reprod. Sci.* 27:91-106.
- Vasconcelos, J. L. M., R. Sartori., H. N. Oliveira., J. G. Guenther. & M. C. Wiltbank. 2001. Reduction in size of the ovulatory follicle reduces subsequent luteal size and pregnancy rate. *Theriogenology* 56: 307-314.
- Villa-Godoy, A. & Arreguin, A. 1993. Tecnología disponible y principales líneas de investigación para resolver el anestro posparto en vacas de doble propósito. En XVI Simposio de Ganadería Tropical. 4ª ciclo de conferencias sobre bovinos de doble propósito. INIFAP. Veracruz. México. pp 55-84.
- Yáñez-Avalos, Darwin. O., J. C. López-Parra; J. C. Moyano-Tapia; R. O. Quinteros-Pozo & P. R. Marini. 2018. Inseminación artificial a tiempo fijo en vacas con proestro prolongado de 60 y 72 horas. *Agronomía Mesoamericana.* 29(2):01-12.
- Youngquist, R. S. & Threlfall, W. R. 2007. Current therapy in large animal Theriogenology. Saunders Elsevier. United States of America. 1088 pp.