



# UNIVERSIDAD DEL MAR

## DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE GONADOTROPINA CORIÓNICA EQUINA EN  
EL PROTOCOLO DE SINCRONIZACIÓN SOBRE COMPORTAMIENTO  
REPRODUCTIVO DE GANADO BOVINO DOBLE PROPÓSITO

TESIS

QUE COMO PARTE DE LOS REQUISITOS PARA OBTENER EL GRADO DE  
**Maestría en Producción y Sanidad Animal**

PRESENTA

MVZ. Nancy Jaqueline Serna Lemus

DIRECTOR

Dr. Marco Antonio Camacho Escobar

CO-DIRECTOR

Dr. Narciso Ysac Ávila Serrano

Puerto Escondido, Oaxaca, México

Septiembre, 2022.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad del Mar campus Puerto Escondido por la oportunidad de ingresar al programa de Posgrado, por las instalaciones otorgadas donde recibí gran parte del conocimiento por medio de los docentes.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico otorgado para realizar mis estudios de Posgrado.

Al Dr. Marco Antonio Camacho Escobar por compartir su conocimiento conmigo, por brindarme su apoyo, su tiempo y paciencia, mi admiración hacia usted.

Agradezco a cada uno de mis asesores al Dr. Alejandro Palacios Espinosa, al Dr. Narciso Ysac Ávila Serrano, por la paciencia, enseñanza, los consejos y sugerencias durante la realización de este trabajo, sin su apoyo esto no hubiera sido posible.

Al Dr. Narciso Ysac Ávila Serrano quien deposito su confianza en mí, transmitió sus conocimientos, por su paciencia y perseverancia, muchas gracias.

Al M. en C. Mario Moncada Hernández administrador del rancho La Aurora y al IAZ. Esteban Gopar Escamillas propietario del rancho La Flor por el apoyo otorgado al poner a disposición las explotaciones, animales, hormonales y mano de obra, para realizar la parte experimental de este proyecto.

A todos los que han colaborado, en mayor o menor medida para que este trabajo salga a la luz, muchas gracias.

## DEDICATORIA

A Dios por prestarme vida y salud para poder culminar esta etapa importante en mi vida.

A mis padres Jorge Serna Figueroa y Yolanda Lemus Aguilera, por su amor, cariño, consejos, esfuerzo y confianza en todo momento. Por nunca soltarme de la mano a pesar de las circunstancias. Su apoyo son las fuerzas para seguir creciendo y lograr avanzar una etapa más profesionalmente.

A mis hermanas Zayda Judith, Nallely Soledad y Fátima Guadalupe agradezco su amor y sus palabras, este logro también les pertenece a ustedes, y al igual que mis padres, son lo más importante en mi vida.

A mi gran amiga Esmeralda Hernández†, siempre te voy a agradecer por haber elegido este lugar para verano. Por medio de ti conocí a la persona que hoy está a mi lado motivando y apoyando para seguirme preparando profesionalmente. Gracias por tu amistad un abrazo enorme hasta el cielo.

A mis amigos del *coffee* Ma. Elena, Ma. de Jesús, Margarita, Claudia, Mónica, Yuliana, Brenda Julián, Benjamín, Gerardo e Imanol; gracias por todos estos años de amistad, saben que cuentan conmigo siempre y mi casa es su casa, los quiero.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS .....	ii
DEDICATORIA.....	iii
índice de contenido .....	iv
ÍNDICE DE CUADROS .....	vi
índice de figuras.....	vii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT .....	x
I.INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
3.1 Ciclo estral de la vaca.....	3
3.2 Proestro.....	3
3.3 Estro .....	4
3.4 Metaestro .....	4
3.5 Diestro .....	5
3.6 Dinámica folicular.....	5
3.7 Ovulación.....	6
3.8 Sincronización del ciclo estral .....	7
3.9 Progesterona o progestágenos .....	7
3.10 Estrógenos.....	8
3.11 Prostaglandinas (PGF <sub>2</sub> α).....	9
3.12 Gonadotropina Coriónica Equina (eCG) .....	10
3.13 Detección de estros.....	11
3.14 Inseminación artificial .....	11
3.15 Tasa de preñez en ganado bovino.....	12
3.16 Resincronización de estros en Bovinos con CIDR reutilizado.....	12
III. JUSTIFICACIÓN .....	14
IV. OBJETIVOS.....	17
4.1 Objetivo General .....	17
4.2 Objetivos específico .....	17
V. HIPÓTESIS .....	18
VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
6.1 Localización y descripción del área de estudio.....	19

6.2 Animales experimentales.....	19
6.3 Diseño experimental.....	20
6.4 Variables a evaluar.....	21
6.5 Análisis estadístico.....	22
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
7.1 Tiempo de retiro del dispositivo a inicio de estro.....	23
7.2 Duración del estro (DE).....	25
7.3 Número de montas.....	26
7.4 Correlación de las variables tiempo del retiro a estro, duración del estro y número de montas permitidas por hembra.....	28
7.5 Tasa de estro en la sincronización.....	30
7.6. Tasa de gestación en la sincronización.....	34
7.7 Tasa de estro y de gestación en la primera resincronización.....	37
7.8 Tasa de estro y de gestación en segunda resincronización.....	41
VIII. CONCLUSIONES.....	48
IX. IMPLICACIONES.....	49
X. RECOMENDACIONES.....	50
XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Efecto de la aplicación o no de eCG al momento de retirar el dispositivo CIDR en la respuesta reproductiva ( $\bar{X} \pm EE$ ) de las variables en torno al estro en ganado bovino doble propósito.....	23
<b>Cuadro 2.</b> Correlación y funciones de predicción para las variables entorno al estro sincronizado con progestágenos y eCG en ganado bovino doble propósito.....	29
<b>Cuadro 3.</b> Efecto de la aplicación o no de la eCG al retiro del dispositivo CIDR en el protocolo de sincronización sobre tasa de estro en ganado bovino doble propósito en dos sistemas de producción.....	31
<b>Cuadro 4.</b> Efecto de aplicar o no eCG al retiro del dispositivo CIDR en el protocolo de sincronización del estro sobre la tasa de gestación en ganado bovino doble propósito. ....	34
<b>Cuadro 5.</b> Efecto de la primera resincronización sobre tasa de estro en ganado bovino doble propósito con un protocolo de sincronización de estro con dispositivos CIDR usado .....	38
<b>Cuadro 6.</b> Efecto de la primera resincronización sobre tasa de gestación en ganado bovino doble propósito con un protocolo de sincronización de estro con dispositivos CIDR usado.....	39
<b>Cuadro 7.</b> Efecto de la segunda resincronización sobre tasa de estro en ganado bovino doble propósito con un protocolo de sincronización de estro con dispositivos CIDR usado.....	42
<b>Cuadro 8.</b> Efecto de la segunda resincronización sobre tasa de gestación acumulada en ganado bovino doble propósito con un protocolo de sincronización de estro con dispositivos CIDR usado.....	43

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Esquema del protocolo de sincronización y resincronización de las unidades experimentales .....	21
<b>Figura 2.</b> Correlación entre las variables duración del estro (h) y número de montas en ganado bovino doble propósito sincronizado con progestágeno y eCG.....	29
<b>Figura 3.</b> Correlación entre las variables duración del estro (h) y tiempo del retiro del dispositivo a estro (h) en ganado bovino doble propósito sincronizado con progestágeno y eCG .....	30
<b>Figura 4.</b> Efecto de interacción sistema de producción – aplicación o no de eCG en el protocolo de sincronización sobre tasa de estro en ganado bovino doble propósito. ....	32
<b>Figura 5.</b> Efecto de aplicar o no eCG al retiro del dispositivo en el protocolo de sincronización sobre tasa de estro en ganado bovino doble propósito.....	32
<b>Figura 6.</b> Efecto de sistemas de producción sobre la tasa de estro en la sincronización en ganado bovino doble propósito. ....	33
<b>Figura 7.</b> Efecto de interacción sistema de producción – aplicación o no de eCG en el protocolo de sincronización sobre la tasa de gestación en ganado bovino doble propósito. ....	35
<b>Figura 8.</b> Efecto de aplicar eCG al retiro del dispositivo CIDR en el protocolo de sincronización sobre la tasa de gestación en ganado bovino doble propósito. ....	35
<b>Figura 9.</b> Efecto del sistema de producción sobre la tasa de gestación en la sincronización en ganado bovino doble propósito.....	36
<b>Figura 10.</b> Efecto de interacción sistema de producción – aplicación o no de eCG en la primera resincronización sobre tasa de estro en ganado bovino doble propósito.....	38
<b>Figura 11.</b> Efecto de interacción sistema de producción – aplicación o no de eCG en la primera resincronización sobre tasa de gestación en ganado bovino doble propósito. ....	40

<b>Figura 12.</b> Efecto de interacción sistema de producción – aplicación o no de eCG en la segunda resincronización sobre tasa de estro en ganado bovino doble propósito.....	44
<b>Figura 13.</b> Efecto de la aplicación o no de eCG en la segunda resincronización sobre la tasa de estro en ganado bovino doble propósito.....	44
<b>Figura 14.</b> Efecto de interacción sistema de producción –aplicación o no de eCG en la segunda resincronización sobre la tasa de gestación acumulada en ganado bovino doble propósito. ....	45

## RESUMEN

El uso de dispositivos de progesterona en combinación con gonadotropina coriónica equina (eCG) ha sido utilizado en vacas en anestro postparto. Dichos tratamientos han mostrado un incremento en el porcentaje de preñez en vacas con cría con alta incidencia de anestro (Bó *et al.* 2014). El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la eCG en el protocolo de sincronización sobre el comportamiento reproductivo de ganado bovino doble propósito. Las vacas (n=69) fueron asignadas al azar en dos grupos G1 (n=35) y G2 (n=34), se sincronizaron para la primera inseminación artificial (IA) con 2 mg de Benzoato de Estradiol y un Dispositivo intravaginal de progesterona nuevo (CIDR 1.9 g) el día 0, se retiró el día 8 y se aplicaron 25 mg de PGF2 $\alpha$  y 1 mg de Cipionato de estradiol. Solo el G1 recibió 400 UI de eCG al retiro del CIDR. La IA se realizó entre las 10 y 12 h posteriores al inicio de celo, y a las vacas que no presentaron celo se les realizó la IA a tiempo fijo (54-56 h posteriores a la sincronización). Para un segundo y tercer servicio las vacas se resincronizaron a 14 d post-IA. El CIDR fue colocado sin adicionar otra hormona durante 7 d y se inseminaron sólo vacas que presentaron celo. Se realizó un análisis de varianza, para las variables entorno al estro (tiempo del retiro del dispositivo a estro, duración del estro y número de montas). La tasa de estro y de gestación se evaluaron por regresión logística binaria. No hubo diferencias significativas ( $P \geq 0.05$ ) en las variables entorno al estro, tasa de estro y de gestación por efecto de la aplicación de eCG. El porcentaje de gestación en la resincronización presentó diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) se incrementó hasta 29% del primer al tercer servicio. En conclusión, la aplicación de eCG no afectó las variables reproductivas entorno al estro, sin embargo, con la resincronización se identifican hembras no gestantes retornando a celo para ser inseminadas nuevamente, obteniendo un porcentaje de gestación acumulado de 68% favorable al tercer servicio.

**Palabras claves:** celo detectado, progesterona, resincronización, sincronización, vacas doble propósito.

## ABSTRACT

The use of progesterone devices in combination with equine chorionic gonadotropin (eCG) have been used in postpartum anestrus cows. These treatments have shown an increase in the percentage of pregnancy in cows with calves with a high incidence of anestrus (Bó et al. 2014). The objective was to evaluate the effect of the eCG in the synchronization protocol on the reproductive performance of dual-purpose cattle. The cows (n=69) were randomly assigned in two groups, G1 (n=35) and G2 (n=34), the cows were synchronized for the first artificial insemination (AI) with 2 mg of estradiol benzoate and an intravaginal device of new progesterone (CIDR 1.9 g) on day 0 on day 8 the CIDR was removed and 25 mg of PGF2 $\alpha$  and 1 mg of estradiol cypionate were applied. Only G1 received 400 IU of eCG upon CIDR withdrawal. The AI was performed between the 10 and 12 h subsequent onset of heat and the cows which did not present heat were performed the AI at a fixed time (54-56 h subsequent to synchronization). For the second and third service, the cows were resynchronized at 14 d post-AI. The CIDR was placed without adding any other hormone for 7 d and only cows that showed heat were inseminated. An analysis of variance was performed for the variables around estrus (time from device removal to estrus, duration of estrus and number of mounts). Estrus and pregnancy rates were evaluated by binary logistic regression. There were no significant differences ( $P>0.05$ ) in the variables regarding estrus, estrus rate and pregnancy due to effect of the applying of eCG. The percentage of pregnancy in the resynchronization did present significant differences ( $P<0.05$ ) which was observed to has increase up to 29% from the first to the third service. In conclusion, the application of eCG did not effect the reproductive variables regarding estrus. However, in the case of resynchronization non-pregnant females returning to heat can be identified to be inseminated again, in order to obtain a more favorable accumulated gestation percentage of 68% at the third service.

**Key words:** oestrus detected, progesterone, resynchronization, synchronization, dual purpose cows

## I. INTRODUCCIÓN

En México la ganadería bovina es muy heterogénea, se desarrolla en diversas condiciones agroecológicas, de infraestructura, manejo de alimentación, reproducción, sanidad y genética (Mejía *et al.* 2010), incluyendo la variedad de los climas regionales, así como las características y costumbres de las poblaciones que dan lugar a diferentes sistemas de producción.

Gran parte de los sistemas de producción bovina en el trópico se desarrollan bajo el sistema de ganadería doble propósito. De aproximadamente 110 millones de hectáreas que ocupa la ganadería en México, 28.3% corresponden a las áreas tropicales cuyas llanuras y pastizales en su mayoría, están cubiertas de forraje para alimentar al ganado para producir carne y leche (Calderón *et al.* 2016).

A pesar de ser una actividad económica importante en zonas rurales, la ganadería doble propósito se caracteriza por realizar un manejo poco tecnificado, pastoreo extensivo, escasa suplementación mineral y proteica, en consecuencia, bajos índices en los parámetros productivos y reproductivos. Durante los últimos años el desempeño reproductivo ha disminuido progresivamente, debido a menor fertilidad de las vacas y a la ineficiencia en detección de celos en la mayoría de los sistemas de manejo (Layme & Málaga 2019). Para garantizar la eficiencia y rentabilidad de estos sistemas de producción, es imprescindible lograr la meta de acortar el intervalo entre partos entre 12 y 13 meses, de manera que las vacas deben ciclar y concebir alrededor de los 90 d postparto (Munro 1987).

Se han desarrollado una serie de tratamientos hormonales que son capaces de controlar el momento de la primera inseminación artificial (IA) y las posteriores, en vacas no preñadas, y para el tratamiento de vacas en anestro (Yáñez *et al.* 2018). Los protocolos de IA a tiempo fijo (TF) que utilizan dispositivos de progesterona, estradiol y gonadotropina coriónica equina (eCG) han dado como resultados tasas de preñez constantes en vacas *Bos indicus* y *Bos taurus* que se encuentran amamantando (Bó *et al.* 2007).

Aunque, la IA es una de las mejores alternativas para la mejora genética de los rebaños de *Bos indicus* (Bó *et al.* 2007), la corta duración del estro y la tendencia a mostrar el celo

durante la noche, afectan en gran medida la eficiencia de los programas de IA utilizado en áreas tropicales (Baruselli *et al.* 2004).

La administración de eCG estimula el crecimiento folicular a través de su acción de hormona folículo estimulante (FSH) y luteinizante (LH), aumenta el tamaño del folículo preovulatorio, incrementa las concentraciones plasmáticas de progesterona posterior a la ovulación, mejora el desarrollo embrionario, así como el mantenimiento de la preñez (Layme & Málaga 2019).

El adicionar eCG en el tratamiento, al momento de la extracción del dispositivo, da como resultado el aumento de las concentraciones de progesterona plasmática y las tasas de preñez en vacas *B. indicus* que se encuentran amamantando durante el anestro postparto, dicha alternativa hormonal puede ser útil para mejorar el rendimiento reproductivo del ganado de carne en climas tropicales (Baruselli *et al.* 2004). Por lo anterior, el objetivo general de la presente investigación fue evaluar el efecto de la eCG en el protocolo de sincronización del estro, sobre el comportamiento reproductivo de ganado bovino doble propósito.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 3.1 Ciclo estral de la vaca

En las vacas el ciclo estral es el lapso comprendido entre dos periodos de estro o calor consecutivo (Guáqueta 2009). Durante el ciclo estral ocurren cambios de comportamiento, morfológicos, endocrinos y secretorios en ovarios y órganos genitales. El conocimiento de estos cambios es útil para la detección y sincronización del estro, superovulación e IA (Hafez & Hafez 2002). Todos estos cambios, que ocurren a lo largo de los ciclos estrales, están controlados por el sistema neuro-endocrino y son el resultado de una compleja interacción entre el hipotálamo, la hipófisis, el ovario y el útero (Rangel 2018).

Los principales acontecimientos del ciclo estral son el desarrollo folicular, la ovulación, la luteinización y la regresión del cuerpo lúteo (CL) (Fernández 2009). En el transcurso del ciclo, 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 permitir el desarrollo embrionario temprano (Quíntela *et al.* 2006).

En el bovino el ciclo se presenta en forma continua en hembras policíclicas o poliéstricas a partir de la pubertad, y solo se interrumpe en los casos de gestación (anestro fisiológico) y en anestro patológico. El ciclo tiene una duración de 21 d ( $\pm$  2 d), aunque puede ser ligeramente mayor en becerras, ya que el estro dura de 12 h a 24 h. La ovulación ocurre generalmente de 11 h a 12 h después del fin del estro y tiene un rango de 2 h a 22 h (Fernández 2009).

El ciclo estral se divide en dos fases: una fase folicular en la que se desarrollan y maduran los folículos ováricos, en esta fase ocurre la ovulación; y la fase lútea en donde se forma y tiene su mayor funcionalidad el CL. Cada una de estas fases puede dividirse a su vez en las etapas de proestro y estro (fase folicular); metaestro y diestro (fase lútea) (Rangel 2018).

### 3.2 Proestro

El proestro es la primera fase del ciclo estral, de preparación. Tiene una duración de 2 a 3 d. Se inicia por la lisis del CL del ciclo estral anterior. Las concentraciones de progesterona (P4) bajan a niveles basales debido a la regresión del CL y, simultáneamente se lleva a cabo el

crecimiento de un folículo preovulatorio. Termina cuando inicia la conducta de receptividad sexual (Guáqueta 2009).

En la vaca 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 (King *et al.* 1993).

En el proestro hay un marcado incremento de la actividad de los órganos reproductivos, se evidencia autólisis, los folículos crecen rápidamente, el útero se amplía, su mucosa se vuelve congestionada y edematosa, y sus glándulas activas; la mucosa vaginal se vuelve hiperémica, sus células epiteliales se cornifican y su secreción se incrementa (Delgado *et al.* 2011).

### **3.3 Estro**

Es la etapa en que la hembra acepta la monta de la compañera del hato. El aumento del estradiol producido por un folículo preovulatorio y por la ausencia de un CL, desencadena la presentación conductual del estro que también se conoce como la etapa de calor, celo o receptividad sexual (Rangel 2018). La duración del estro es de 12 - 18 h y varía de acuerdo con el tipo de ganado y las condiciones ambientales (Galina & Valencia 2008).

Durante la etapa del estro el o los folículos en desarrollo, en el ovario, adquieren su madurez y tamaño preovulatorio; alcanzándose las máximas concentraciones de estradiol. Se ejerce entonces una retroalimentación positiva entre estradiol, la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) y LH, de modo que se produce el pico preovulatorio de LH que será responsable de la ovulación (Rangel 2018). Al final del estro ocurre la ovulación seguida de la formación del CL, lo que resulta en la secreción de progesterona (Hafez & Hafez 2002).

### **3.4 Metaestro**

El metaestro es la etapa posterior al estro y tiene una duración de 4 a 5 d. Inicia cuando la hembra deja de aceptar la monta del macho, y concluye en el momento que hay un CL funcional bien establecido (Rangel 2018). Durante esta fase ocurre la ovulación en vacas, que tiene lugar entre 28 a 32 h después de haberse iniciado el celo, o entre 10 a 15 h de haber cesado los signos de celo (Galina & Valencia 2008).

Las células de la teca y de la granulosa sensibilizan el folículo, colapsado a la acción de la LH para que comience la formación del CL, que va a producir P4. Esta hormona es la responsable de la preparación del útero para la gestación y de la inhibición de la presentación de un nuevo ciclo (Guáqueta 2009). Las concentraciones de P4 comienzan a incrementarse hasta alcanzar niveles mayores a  $1 \text{ ng} * \text{ mL}^{-1}$ , momento a partir del cual se considera que el CL llegó a la madurez (Galina & Valencia 2008).

### **3.5 Diestro**

El diestro es la etapa más larga del ciclo estral, de 12 a 14 d de duración. Durante este periodo el CL es completamente funcional, lo que se refleja en concentraciones sanguíneas o secreciones de P4 altas, mayores a  $1 \text{ ng} * \text{ mL}^{-1}$  (Senger 2003). Además, en esta etapa se pueden encontrar folículos de diferentes tamaños debido a las oleadas foliculares. La LH se secreta con una frecuencia muy baja y la FSH tiene incrementos responsables de las oleadas foliculares (Hernández 2016). Después de 12 - 14 d de la exposición a la P4, el endometrio comienza a secretar  $\text{PGF}2\alpha$  en un patrón pulsátil, el cual termina con la actividad del CL y con el diestro (Galina & Valencia 2008).

Al final de esta fase, si no hubo fertilización, el CL sufre luteólisis; en caso contrario, el CL se mantiene para poder conservar la gestación, prolongándose un estado fisiológico similar al diestro (Rangel 2018).

### **3.6 Dinámica folicular**

La duración del ciclo estral va a estar relacionada con la cantidad de ondas foliculares (Bó *et al.* 2002). En rumiantes, el crecimiento folicular (CF) ocurre de forma continua en forma de oleadas de crecimiento, proceso conocido como dinámica folicular, se manifiestan de dos a tres ondas de CF durante el ciclo estral (Fernández 2008). La primera onda de desarrollo folicular se detecta el día de la ovulación; la segunda onda comenzará a partir del día 9 o el día 10, esto para los ciclos de dos ondas; y para los ciclos de tres ondas comenzará los días 8 o 9. En los ciclos de tres ondas la tercera onda emerge en los días 15 ó 16 (Bó *et al.* 2002).

En cada uno de los ovarios de la vaca están presentes miles de folículos, pero solo uno es madurado para producir un ovulo en cada ciclo estral (Hafez & Hafez 2002). El crecimiento folicular se divide en fases de reclutamiento, selección, dominancia y atresia. El

reclutamiento folicular ocurre cada 8 a 10 d y de los folículos reclutados, solo uno es seleccionado para convertirse en el más grande llamado folículo dominante (FD). El FD mantiene su mayor tamaño por un periodo de 5 a 7 d (Sumano & Ocampo 2006).

El inicio de cada oleada de CF esta procedida por un incremento en las concentraciones de FSH, posteriormente hay un descenso significativo de la FSH debido al incremento en la concentración de estradiol (Fernández 2008). El crecimiento de los folículos con diámetro mayor a 4 mm depende de la hormona FSH, y los folículos antrales grandes (7 - 9 mm de diámetro) transfieren sus requerimientos de FSH a LH (Adams *et al.* 1992).

### **3.7 Ovulación**

La ovulación ocurre entre las 28 a 30 h después del pico de LH; o de las 30 a 36 h después de inicio del estro (Hernández 2016). En bovinos ocurre durante la etapa de metaestro, entre 4 y 16 h después de finalizado el estro (Rangel 2018).

La ovulación se inicia con el debilitamiento de la pared folicular, porque la  $PGF2\alpha$  causa liberación de enzimas lisosomales de las células de la granulosa del folículo preovulatorio. El aumento local de progesterona provoca que las células de la teca interna sintetizen colagenasa, enzima que degrada las cadenas de colágena del tejido conjuntivo debilitando la túnica albugínea que constituye la pared folicular. Al debilitarse la pared, se forma el estigma como proyección avascular en la zona apical, lo cual es indicativo de que se aproxima la ovulación. El estigma es el sitio por el cual se rompe el folículo, permitiendo la liberación del ovocito, que sale rodeado por las células de la corona radiada y acompañado por el líquido que contiene el antro folicular (Rangel 2018).

En el momento de la ovulación, tanto el líquido folicular como el ovocito son proyectados, entre otras causas, 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. Esta expulsión, en las vacas, se produce en forma de un fluido (Buxade 1995). Después de la ovulación, el espacio previamente ocupado por el folículo ovulatorio es poblado por células de la granulosa y la teca interna, formando el CL. Cuando la gestación no ocurre, el CL es destruido por efecto de la  $PGF2\alpha$ , reiniciándose otro ciclo y una nueva oportunidad para lograr la gestación (Aréchiga *et al.* 2002).

### **3.8 Sincronización del ciclo estral**

La sincronización de celos en bovinos permite alcanzar mejores desempeños reproductivos. Se han logrado importantes avances en la efectividad de los tratamientos para la inducción de la ovulación y la ciclicidad, asociados a la IATF, los cuales permiten lograr buenas tasas de preñez en campo (Vallejo *et al.* 2017).

La inducción de la actividad reproductiva en animales que se encuentran en anestro, tiene como objetivo lograr que se presente la ovulación y el estro fértil, antes de lo que ocurriría de forma natural. Los métodos más utilizados para inducir la ovulación, en animales que se encuentran en anestro, se basan en el uso de hormonas que reducen la sensibilidad a la retroalimentación negativa de los estrógenos; o los que estimulan el desarrollo folicular hasta el punto en que el animal produce suficientes estrógenos para generar una elevación preovulatoria de LH (Zarco 2018).

En la actualidad la mayoría de los métodos de sincronización utilizan: 1) control de los crecimientos foliculares; 2) prevención de la ovulación prematura en vacas que ya ovulan y promoción de la ovulación de vacas en anestro (lo que se logra mediante la suplementación de progestágenos); 3) inducción de la involución del CL en vacas que se encuentran en ciclo y; 4) sincronización del celo *per se*, la ovulación al final del tratamiento o ambos (Sumano & Ocampo 2006).

De manera general, se pueden dividir los protocolos de IATF en dos, aquellos que utilizan combinaciones de GnRH y PGF2 $\alpha$  y los que utilizan dispositivos con P4 y estradiol (Bó & Cutaia 2005b).

### **3.9 Progesterona o progestágenos**

Los métodos más efectivos para inducir la actividad ovárica en la mayoría de las especies se basan en el uso de P4 o de progestágenos sintéticos. Los progestágenos son secretados por el CL ovárico, la placenta, la corteza suprarrenal y los testículos en menor cantidad (Sumano & Ocampo 2006); se le conoce como la 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).

Los tratamientos usados más comúnmente para el restablecimiento de la ciclicidad ovárica posparto, consisten en la aplicación de dispositivos intravaginales con P4 o implantes subcutáneos con Norgestomet durante 5 a 10 d (Bó & Cutaia 2005a). Cuando se administran durante cierto periodo de tiempo, ejercen efecto sobre el hipotálamo que reduce la sensibilidad a la retroalimentación negativa de los estrógenos una vez que se retiran. Ello posibilita el establecimiento de un patrón de secreción pulsátil frecuente de LH que conduce al desarrollo de los folículos preovulatorios, con la consecuente producción de altas concentraciones de estrógenos, lo que, a su vez, es seguido por la generación de un pico preovulatorio de LH y la ovulación (Zarco 2018).

La P4 liberada por los dispositivos impide la formación de un CL de vida corta. De esta manera, la ovulación precedida por el tratamiento con P4 conduce a la actividad normal del CL y posibilita el comportamiento y mantenimiento de la preñez (Bó & Cutaia 2005a).

### **3.10 Estrógenos**

Los principales estrógenos en los mamíferos son  $17\beta$ -estradiol, estrona y estriol. Se producen en el folículo ovárico y en la placenta. La mayoría de los estrógenos naturales se producen en el folículo ovárico, bajo la estimulación de FSH y LH (Sumano & Ocampo 2006). Los estrógenos estimulan el crecimiento corporal, controlan la ovulación, preparan el aparato reproductor para la fecundación y la implantación, aumentan la altura celular y las secreciones de la mucosa del cérvix, provocan engrosamiento de la mucosa vaginal, proliferación endometrial y aumento del tono uterino (Garnica *et al.* 2012).

Los esteres de estradiol más comúnmente usados en bovinos son el benzoato de estradiol (BE) y el cipionato de estradiol (ECP). Es importante destacar que la molécula de estradiol- $17\beta$  es la única biológicamente activa, y que los esteres de estradiol solamente producirán efectos biológicos luego de la liberación de la molécula de estradiol- $17\beta$  por medio de la enzima estearasa a nivel sanguíneo (Mapletoft *et al.* 2003a).

El CPE es un estrógeno natural que se produce por esterificación del estradiol con ácido ciclo pentano propiónico, tiene una vida media mayor que el BE y potencialmente podría adaptarse a un esquema de aplicación estradiol como inductor de la ovulación en el momento de retirar el dispositivo con P4 (Bó & Cutaia 2005b). También, se le ha usado con éxito para mejorar

la reproducción en vacas sincronizadas con PGF $2\alpha$  administrado 1 mg a vacas después de la última inyección de PGF $2\alpha$  o análogos. Este procedimiento mejora la ovulación y las manifestaciones de celo (Sumano & Ocampo 2006).

Existen dos funciones principales del estradiol; cuando es utilizado al inicio de un tratamiento con progestágenos, con la finalidad de provocar la atresia de los folículos que existen y así inducir una nueva oleada folicular entre 3 a 5 d después de la aplicación (Bó *et al.* 1994); y 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 la LH y se reduce el tiempo en que se presenta la ovulación (Lucy *et al.* 2001).

### **3.11 Prostaglandinas (PGF $2\alpha$ )**

La prostaglandina es una hormona producida en el endometrio, tiene como función provocar la regresión del CL, suceso que marca el fin del diestro y el inicio del proestro. La administración de PGF $2\alpha$  entre los días de 6 a 16 del ciclo estral, produce la regresión del CL presentándose el estro dentro de las siguientes 48 a 120 h. El estro inducido de esta forma tiene las mismas características endocrinas que el estro natural (Aréchiga *et al.* 2002).

A partir del conocimiento de los efectos luteolíticos, se ha utilizado para sincronizar vacas con estro silencios, la administración de PGF $2\alpha$  se ha incrementado paulatinamente en la práctica reproductiva, debido a que reduce la duración del ciclo estral y mantiene una fertilidad aceptable (Fernández 2009). A causa de su efecto se utiliza una dosis de 25 mg por vía intramuscular para sincronizar vacas (Sumano & Ocampo 2006).

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

### 3.12 Gonadotropina Coriónica Equina (eCG)

La eCG se produce en las células trofoblásticas que en un principio forman una banda en el Corion y se liberan alrededor del día 35 de la gestación, penetran en el endometrio y forman asociaciones de células llamadas copas endometriales (Cunningham 2014). Tiene la acción biológica de la FSH y LH; sin embargo, muestra mayor dominancia en las acciones de la FSH. Una sola inyección de eCG tiene efectos biológicos en la glándula blanco por más de una semana (Hafez & Hafez 2002).

Su función consiste en estimular el desarrollo de los folículos ováricos y causar la ovulación o luteinización, con la consecuente formación de CL accesorios, éstos aseguran la producción de P4 hasta los días 100 a 120 de gestación, cuando dejan de tener el soporte gonadotrópico y desaparecen (tanto los CL accesorios como el primario). A partir de ese momento, la placenta es capaz de producir suficiente P4 para el mantenimiento de la gestación (Zarco 2018).

La administración de eCG, en los protocolos de sincronización del estro, estimula el crecimiento folicular a través de su acción de hormona FHS y LH. Aumenta el tamaño del folículo preovulatorio, incrementa las concentraciones plasmáticas de P4 luego de la ovulación, mejora el desarrollo embrionario, así como el mantenimiento de la preñez (Layme & Málaga 2019).

Existen diversos trabajos con diferentes dosis de eCG en vacas, consiguiendo una estimulación directa en desarrollo, maduración y ovulación en la mayoría de las especies domésticas, El uso de 400 UI de eCG, al momento de retirar el dispositivo de P4, aumentó la concentración de P4 en el plasma en vacas tratadas durante el anestro postparto. Sin embargo, cuando se utilizaron vacas con pobre condición corporal, la aplicación de eCG aumentó los porcentajes de preñez, sobre todo en vacas sin estructura ovárica palpables o con folículos (sin CL) al inicio del tratamiento (Garnica 2012).

Estudios de Bó *et al.* (2014), demuestran que cuando se administra eCG en vacas *Bos taurus* en anestro, se obtiene la mayor tasa de preñez. Ello se debe a que un mayor porcentaje de vacas alcanzan la ovulación y que éstas vacas, luego presentan mayores concentraciones de P4 en sangre, lo que genera un ambiente más favorable para el reconocimiento materno de la gestación. Asimismo, se evaluó la fase luteal posterior a la IATF, y se encontró mayor

porcentaje de vacas no tratadas con eCG que tuvieron una fase luteal corta. Lo que sugiere que esta también puede ser una razón por la cual hay mayor tasa de preñez en las vacas tratadas con eCG al momento del retiro del dispositivo.

### **3.13 Detección de estros**

En la mayoría de los sistemas de producción de bovinos donde se lleva a cabo la IA, el factor limitante en la obtención de un buen comportamiento reproductivo, es la falla en la detección de estros (Nebel *et al.* 2000).

Una adecuada detección de estros es fundamental para lograr un buen manejo reproductivo de los animales del hato, debido a que es esencial determinar el momento óptimo para la monta o IA, que consecuentemente logra buenos índices de fertilidad. La falla en la detención de estros, se considera una de las principales causas de pérdidas económicas en los sistemas ganaderos (Rangel 2018). Una meta factible con observación continua es de 80% (Hernández 2016). La eficiencia en detección visual de los estros se incrementa paralelamente con el número de observaciones llevadas a cabo por día (Rangel 2018).

### **3.14 Inseminación artificial**

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 bovinas (Buxade 1995). Por otro lado, el aumento de la IA está asociado a un mayor empleo de los programas reproductivos que utilizan técnicas de sincronización para la IATF (Baruselli *et al.* 2015).

La IA consiste en la introducción de semen en los órganos genitales de la hembra, sin la intervención del macho; facilitando la fecundación y producción de una cría (Rangel 2018). Algunas de las ventajas de la IA son las siguientes: permite el mejoramiento genético acelerado, mediante el uso de sementales probados; mejor utilización del semental ya que a partir del eyaculado es posible inseminar a varias hembras; evita la transmisión de enfermedades venéreas; facilita el transporte y la distribución del semen; así como la implementación de programas de resincronización y cruzamientos; además, estimula el uso de registros (Galina & Valencia 2008).

Dentro de los factores que limitan la implementación de esta técnica, se puede señalar al manejo de los animales como la principal, ello debido al estrés. Esta situación puede causar disminución en la expresión del celo, así como el acortamiento en su duración y manifestación (Giraldo 2008; Bó & Baruselli 2014).

### **3.15 Tasa de preñez en ganado bovino**

La tasa de preñez (TP) es la proporción de vacas que gestan del total elegible que fueron inseminadas, durante un periodo de tiempo equivalente a un ciclo estral. La TP es un parámetro resultante de dos aspectos: la eficiencia en la detección de estros y el porcentaje de concepción. Tiene la ventaja de identificar problemas relacionados con la falla en la concepción y aquellos asociados con la eficiencia en la detención de estros. La única opción para aumentar el porcentaje de vacas gestantes en los primeros 110 d posparto, es mediante las técnicas de sincronización de estro, todo ello apoyado con métodos que aumenten la eficiencia en la detección de estros (Hernández 2016).

### **3.16 Resincronización de estros en Bovinos con CIDR reutilizado**

Con la finalidad de obtener la mayor cantidad de hembras preñadas en el menor tiempo, diversos programas de reproducción se han desarrollado para probar protocolos que permitan sincronizar el retorno al estro en las hembras que no quedan gestantes con la IA. En la mayoría de los países tropicales es común la prevalencia de anestro y se ha comprobado, que bajo estas condiciones la eficiencia de los tratamientos de inducción y sincronización de estros en vacas no alcanzan una tasa de concepción superior al 35%, y para lograr tales objetivos, no solo es obtener una tasa de concepción normal para este tipo de animal, sino el de identificar las hembras no gestantes y disponerlas para la reinseminación logrando un aumento de la tasa de preñez acumulada en un periodo dado que generalmente se señala de una duración de 60 d a 90 d de servicio (Pedroso 2007).

La ventaja de los programas de resincronización consiste en una reducción del intervalo entre las inseminaciones, esto facilita la reducción del tiempo de la temporada de empadres, más el beneficio de garantizar una tasa de servicios al 100% (Espinoza *et al.* 2021). El dispositivo intravaginal CIDR con 1.9 g de P4 ha sido utilizado en diferentes tratamientos para el desarrollo folicular y la ovulación (Mapletof *et al.* 2003b). Debido a la facilidad que tiene el

CIDR para ser insertado y posteriormente retirado del animal, sumando a la posibilidad de ser reutilizado en diferentes programas de sincronización de estros (Solórzano 2005). Por lo que al reutilizar el CIDR es posible mejorar la eficiencia reproductiva en vacas. Esta estrategia es muy buena en términos económicos, debido a que el ahorro en programas de sincronización de estros para IA o transferencia de embriones, es de por lo menos 60% (Solórzano *et al.* 2008).

### III. JUSTIFICACIÓN

En el trópico húmedo y seco predominan hatos de ganado bovino de doble propósito (DP) (Vences-Pérez *et al.* 2021). La ganadería en la zona prevalecientemente de trópico húmedo se caracteriza por poca o nula actividad en programas de selección y mejoramiento genético; así como poca eficiencia en la detección de celos, los cuales inciden negativamente en el desempeño reproductivo de los hatos (Rangel *et al.* 2017, Ruiz-Sesma *et al.* 2021).

Por su parte, la ganadería DP es una de las actividades más importantes de la región costa de Oaxaca. Sin embargo, con los pocos registros reproductivos y productivos que se cuentan, la eficiencia reproductiva de estos sistemas es baja. Los intervalos entre partos rebasan 16 meses, lo que implica que se está lejos de cumplir el objetivo de una cría por vaca por año (Duran *et al.* 2018). Por ello, es necesario implementar alternativas reproductivas como la sincronización de celos y la IA para aumentar el porcentaje de eficiencia reproductiva y así, obtener mayor tasa de gestación en cada sistema de producción. Las ventajas que se obtienen al implementar la sincronización son las siguientes: es manipular el ciclo estral y agrupar el mayor número de hembras en estro en un periodo corto de tiempo, incluyendo la práctica de la IA buscando con ello preñar la mayor cantidad de hembras, y a su vez, mejorar la calidad de la genética del hato.

La optimización de la eficiencia reproductiva es uno de los principales factores que contribuyen a mejorar las ganancias económicas en la ganadería (Espinal & García 2009). Durante la última década, se han desarrollado nuevas generaciones de protocolos hormonales denominados “tratamientos cortos”, que han demostrado mejorar la tasa de preñez (Bridges *et al.* 2008). Para inducir el celo se pueden usar progestágenos, PGF2 $\alpha$ , hormonas liberadoras de gonadotropinas (GnRH) y estrógenos, en diversos protocolos de sincronización. Dentro de estos protocolos se usan combinaciones de estas hormonas (Bueno & Dunn 2008).

La tecnología de IA asociada al manejo adecuado del tiempo, ha sido aceptada por técnicos y productores, con la finalidad de aumentar la calidad genética (Melo *et al.* 2011). Las principales limitaciones para el uso de IA en ganado, manejado bajo condiciones de pastoreo, son la poca eficiencia en la detección de celos, anestro, posparto y pubertad tardía. Este problema es mayor en ganado *Bos indicus* o sus cruzas, debido a las particularidades en el

comportamiento reproductivo y la dificultad para la observación de celos (Fernández *et al.* 2017).

De los diversos productos hormonales utilizados en los protocolos, el uso de eCG es una alternativa para mejorar la madurez del folículo y aumentar la concentración periovulatoria de estradiol. En la vaca tiene efecto similar a la hormona FSH y LH, y podría ser utilizada para estimular el crecimiento de los folículos en los protocolos de sincronización (Colazo 2014).

Diversas investigaciones indican que el uso de 400 unidades internacionales (UI) de eCG en el momento de la extracción del dispositivo de P4, resultó en aumento de las tasas de preñez en vacas sin CL al momento de la inserción del dispositivo P4 (Bó *et al.* 2007). Así mismo, se ha demostrado que la administración de 400 UI de eCG, en los protocolos de sincronización del estro que utilizan dispositivos intravaginales con P4 y BE, incrementan los porcentajes de preñez en 20%, alcanzando valores finales de 50% (Fernández *et al.* 2017). Por lo tanto, el tratamiento con eCG puede ser una herramienta muy útil para aumentar las tasas de preñez en la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), para reducir el período posparto y mejorar la eficiencia reproductiva en vacas posparto *Bos indicus* y *Bos indicus* x *Bos taurus* (Bó *et al.* 2007).

Con los programas de resincronización del estro para vacas no gestantes, son una forma de acortar el periodo entre una IA fallida y el siguiente intento. La IA lo más temprana posible después del parto, da como resultado una tasa alta de concepción. La re-IA de vacas no preñadas, es uno de los aspectos cruciales que determinan el éxito en la reproducción del ganado (Jaskowski *et al.* 2019). En la mayoría de los estudios realizados, se ha comprobado que la aplicación de tratamientos para la resincronización del celo, en las vacas inseminadas, no afecta la tasa de preñez del primer servicio y, permite inducir el retorno al servicio de hembras no gestantes; adicionalmente, pueden aumentar su eficiencia empleando métodos auxiliares para la detección del celo (Pedroso 2007).

Para resincronizar hembras y concentrar los estros, se logra reutilizando un dispositivo intravaginal con P4 y BE con dosis baja (0.5 mg - 1 mg) vía intramuscular en la fase lútea. Con esto se evita el desencadenamiento de los mecanismos lutelíticos, permitiendo que el BE sinérgicamente con la P4 supriman la secreción de FSH y LH, e induzcan la regresión

del folículo dominante de la segunda onda, provocando tres ondas foliculares, con intervalos interovulatorios de 23 a 24 d en todos los animales y la IA se realiza a celo detectado (García *et al.* 2017).

## **IV. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo General**

Evaluar el efecto de la gonadotropina coriónica equina (eCG) en el protocolo de sincronización del estro, sobre comportamiento reproductivo de ganado bovino doble propósito.

### **4.2 Objetivos específico**

- Analizar el efecto de la eCG en el tiempo de retiro del dispositivo a inicio de estro, número de montas durante el estro y duración del estro en ganado bovino doble propósito.
- Comparar el efecto de la eCG en la tasa estros y tasa de gestación en ganado bovino doble propósito.
- Determinar la correlación entre las variables tiempo del retiro del dispositivo al estro, número de montas permitidas durante el estro y duración del estro en ganado bovino doble propósito.
- Indagar el efecto de la resincronización en el incremento de tasa de gestación en ganado bovino doble propósito.

## **V. HIPÓTESIS**

La aplicación de gonadotropina coriónica equina en el protocolo de sincronización del estro influye de manera positiva en las respuestas reproductivas de ganado bovino doble propósito.

## VI. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1 Localización y descripción del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en dos sistemas de producción, en la explotación “La Flor”, perteneciente a la comunidad de San José Manialtepec, municipio Villa de Tututepec Oaxaca, que se localiza geográficamente a 15° 59' 2'' latitud norte y 97° 14' 48'' longitud oeste, clima cálido húmedo, con lluvias en verano, temperatura promedio anual de 27 °C y precipitación pluvial media anual de 1392.9 mm. En la explotación “La Aurora” ubicado en la población de Rio Grande, municipio Villa de Tututepec de Melchor Ocampo, Oaxaca, ubicada en el kilómetro 94 - 81 de la carretera Federal Pinotepa Nacional - Puerto Escondido, se localiza geográficamente a 16° 00' 35'' latitud norte y 97° 26' 12'' longitud oeste, clima cálido-húmedo con lluvias en verano, temperatura promedio anual 27 °C, precipitación pluvial de 1300 mm (García 2004).

### 6.2 Animales experimentales

Se utilizaron 69 hembras multíparas doble propósito (cruza *Bos indicus* x *Bos taurus*) no gestantes, con una condición corporal de 2.0 a 2.5 (escala del 1 a 5); 43 unidades experimentales pertenecientes a la explotación “La Aurora” y 26 unidades experimentales a la explotación “La Flor”, las cuales fueron previamente diagnosticadas mediante la técnica de palpación rectal para conocer su estado reproductivo y posteriormente ser sincronizadas.

El manejo sanitario que se implementa en los sistemas de producción, fue mediante la administración de vacunas virales (Rinotraqueítis infecciosa bovina, diarrea viral bovina, Parainfluenza y Virus sincitial respiratorio bovino), bacterina (Clostridiasis), vitaminas, desparasitantes (para parásitos internos o externos) cada seis meses; y la vacuna viral contra la rabia paralítica se aplica una vez al año.

El sistema de producción de las dos explotaciones es de doble propósito, en la explotación La Aurora se realizó una ordeña por la mañana de manera manual y la estimulación de la secreción de la leche se realizó por medio del amamantamiento del becerro. En la explotación La Flor se realizaron dos ordeños, uno por la mañana y la segunda por la tarde, se realizaron

de manera mecánica y la bajada de la leche se estimuló con ayuda de una inyección intramuscular de 0.2 mL de oxitocina.

La alimentación de las dos explotaciones se realiza mediante un sistema de pastoreo rotacional de zacate Estrella de Africa (*Cynodon nlemfuensis*), zacate Bramilla (*Cynodon dactylum*) y suplementación mineral.

### **6.3 Diseño experimental**

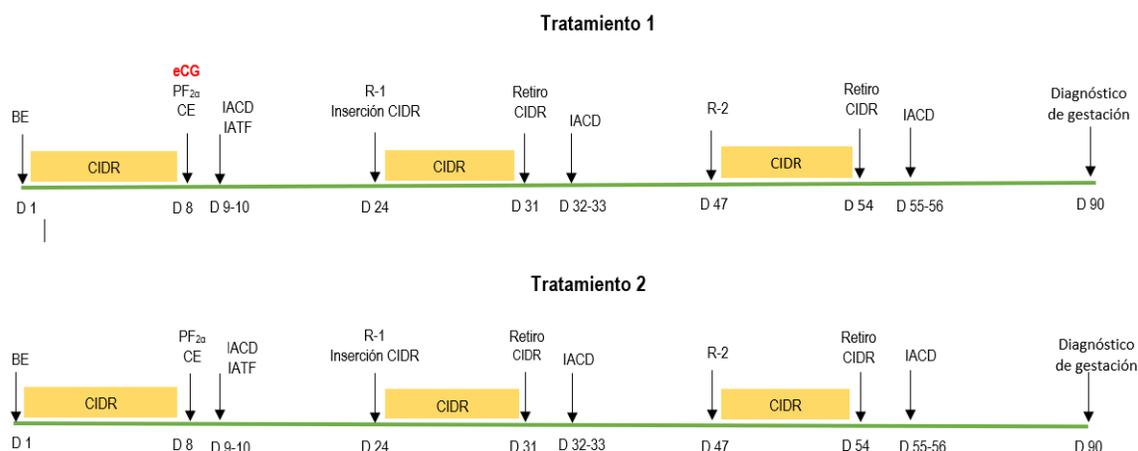
El diseño experimental que se utilizó en el presente estudio (dos experimentos: uno en cada explotación) fue un diseño factorial anidado, en donde los tratamientos consistieron en la aplicación o no de eGC en el protocolo de sincronización implementado en cada explotación.

Grupo 1 (n=35) unidades experimentales en las que se usaron dispositivos intravaginales liberadores de progesterona nuevos de 1.9 g (Eazy-Breed CIDR<sup>®</sup>, Pfizer Animal Health); al momento de su inserción (d=1) se administró una inyección intramuscular 2 mg de benzoato de estradiol (Gonadiol<sup>®</sup>, Pfizer Animal Health), el día 8 se retiró el dispositivo y se administró una inyección intramuscular con 25 mg de PGF2 $\alpha$  (Lutalyse<sup>®</sup>; Pfizer Animal Health), 1 mg de Cipionato de estradiol (ECP<sup>®</sup>, Pfizer Animal Health) y 400 UI de eCG (Novormon 5000<sup>®</sup>); para realizar la IA entre las 10 y las 12 h iniciado el celo o la IATF (48 a 56 h) post retiro del dispositivo intravaginal a las hembras que no manifestaron celo.

Grupo 2 (n=34) unidades experimentales en las que se utilizaron dispositivos intravaginales liberadores de progesterona nuevos de 1.9 g (Eazy-Breed CIDR<sup>®</sup>, Pfizer Animal Health); al momento de su inserción (d=1), se administró una inyección intramuscular 2 mg de benzoato de estradiol (Gonadiol<sup>®</sup>, Pfizer Animal Health), el día 8 se retiró el dispositivo y se administró una inyección intramuscular con 25 mg de PGF2 $\alpha$  (Lutalyse<sup>®</sup>; Pfizer Animal Health) y 1 mg de Cipionato de estradiol (ECP<sup>®</sup>, Pfizer Animal Health); para realizar la IA entre las 10 y las 12 h iniciado el celo o la IATF (48 a 56 h) post retiro del dispositivo intravaginal a las hembras que no manifestaron celo.

Para evaluar la resincronización en tasa de estro y tasa de preñez, se insertó el dispositivo 14 d después de la primera IA, sin adicionar PGF2 $\alpha$ , CE y eCG. El CIDR permaneció colocado por 7 d y posteriormente se detectó celo y se realizó la IA solo a hembras que manifiestan

celo. Para evaluar la respuesta de la segunda resincronización se realizó el mismo procedimiento a los 14 d después del segundo servicio. El diagnóstico de gestación se realizó por ultrasonografía transrectal a los 35 d después del tercer servicio (Figura 1).



**Figura 1.** Esquema del protocolo de sincronización y resincronización de las unidades experimentales. Referencias: BE = Benzoato de estradiol, CIDR = Dispositivo intravaginal de Progesterona 1.9 g, eCG = Gonadotropina Coriónica equina, PGF<sub>2α</sub> = Prostaglandina, CE = Cipionato de estradiol, IACD = Inseminación artificial a celo detectado, IATF = Inseminación artificial a tiempo fijo, R1 = Primera resincronización, R2 = segunda resincronización, D = día.

#### 6.4 Variables a evaluar

- ✚ **Tiempo de retiro del dispositivo CIDR a estro.** Corresponde al tiempo transcurrido entre la fecha y hora del retiro del CIDR a la fecha y hora del inicio del estro de una unidad experimental.
- ✚ **Duración del estro.** Es el tiempo que transcurre entre la primera y la última monta permitida por una unidad experimental.
- ✚ **Número de montas permitidas durante el estro.** Corresponde al total de montas que acepta la unidad experimental durante su estro.
- ✚ **Tasa de estros:** corresponde a la proporción de las unidades experimentales que manifestaron estro con relación al total de unidades experimentales trabajadas por tratamiento.

- ✚ **Tasa de repetidoras para segundo y tercer servicio.** Proporción de unidades experimentales que manifiestan estro con relación al total de unidades experimentales por tratamiento, esto en la primera y segunda resincronización.
- ✚ **Tasa de gestación a primer, segundo y tercer servicio.** Es la proporción de unidades experimentales que gestan con relación al total de unidades experimentales trabajadas por tratamiento, esto en la sincronización, primera y segunda resincronización respectivamente.

## 6.5 Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza con los comandos PROC GLM del programa estadístico SAS (SAS 2003) y comparación de medias con el estadístico de prueba de Tukey ( $P=0.05$ ) para las variables tiempo del retiro del dispositivo intravaginal a estro, número de montas permitidas durante el estro por una unidad experimental y la duración del estro. Para las variables discontinuas tasa de estro y tasa de preñez (primer, segundo y tercer servicio) se analizaron a través de un análisis de regresión logística binaria con el programa estadístico Minitab (2018). Adicional a lo anterior, entre las variables tiempo del retiro del dispositivo intravaginal a estro, número de montas permitidas durante el estro y la duración del estro, se determinó correlación y regresión, a través de los comandos PROC CORR y PROC REG, todo a través del programa estadístico SAS (SAS 2003) y Minitab (2018).

## VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 Tiempo de retiro del dispositivo a inicio de estro

En el Cuadro 1 se muestran los resultados obtenidos de las unidades experimentales tratadas bajo un protocolo de sincronización de estro con la adicción de eCG, donde no hubo diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ) para las variables en torno al estro.

**Cuadro 1.** Efecto de la aplicación o no de eCG al momento de retirar el dispositivo CIDR en la respuesta reproductiva ( $\bar{X} \pm EE$ ) de las variables en torno al estro en ganado bovino doble propósito.

Fuente de variación	n	Tiempo de retiro a estro (h)	Duración del estro (h)	Número de montas
<b>Sistema de producción</b>				
La Flor	26	35.50±1.24 <sup>a</sup>	9.52±0.98 <sup>a</sup>	38 ±7 <sup>a</sup>
La Aurora	43	33.75±0.82 <sup>a</sup>	9.01±0.56 <sup>a</sup>	42±6 <sup>a</sup>
<b>Hormona</b>				
Con eCG	35	33.68±0.93 <sup>a</sup>	9.74±0.88 <sup>a</sup>	43±8 <sup>a</sup>
Sin eCG	34	35.21±1.05 <sup>a</sup>	8.75±0.58 <sup>a</sup>	38±5 <sup>a</sup>
<b>Interacción</b>				
La Flor - con eCG	13	34.31±1.32 <sup>a</sup>	9.81±1.46 <sup>a</sup>	34±11 <sup>a</sup>
La Flor - sin eCG	13	36.96±2.24 <sup>a</sup>	9.18±1.34 <sup>a</sup>	43±9 <sup>a</sup>
La Aurora – con eCG	22	33.11±1.35 <sup>a</sup>	9.67±1.10 <sup>a</sup>	51±12 <sup>a</sup>
La Aurora – sin eCG	21	34.23±1.04 <sup>a</sup>	8.51±0.54 <sup>a</sup>	36±5 <sup>a</sup>

$\bar{X}$  = Media.

E.E.= Error Estándar.

<sup>a</sup> = Medias con igual literal en la misma columna y fuente de variación no difieren estadísticamente ( $P \geq 0.05$ ).

eCG= Gonadotropina Coriónica equina.

n= Número de unidades experimentales.

La detección de estros se inició 24 h después de retirar el CIDR, el intervalo de tiempo en que se presentó el celo posterior del retiro del dispositivo fue 33 h. Resultados similares obtuvo Solórzano *et al.* (2008) con vacas Brangus a libre pastoreo (Estrella de África) donde los estros se presentaron a partir de 32 h post retiro de CIDR. Lugo *et al.* (1999) evaluaron la función del CL desarrollado a partir de la ovulación de un folículo dominante persistente, en

vaquillas Holstein tratadas con CIDR. Obtuvieron como resultado promedio de 30 h a 39 h; por su parte Sánchez *et al.* (2018) presentaron resultados inferiores, con intervalo de 24.6 h con un protocolo similar en vacas Holstein con una producción láctea promedio, por vaca, de 27.5 litros x día<sup>-1</sup>.

Al comparar el efecto del CE vs BE sobre la tasa de presentación de estro, intervalo retiro del CIDR al estro y tasa de gestación en vacas cebú; Peralta *et al.* (2010) reportaron resultados superiores con intervalo del retiro del CIDR a estro en tiempo de 42.0 h, 45.5 h y 43.8 h, por su parte Fernández & Villegas (2002) registraron intervalos 51.2 h y 50.5 h post retiro del CIDR a celo en vacas productoras de carne destetadas precozmente, en conjunto con un tratamiento hormonal con eCG o BE asociados a PGF2 $\alpha$  sobre la fertilidad de hembras con baja condición corporal. La variación en el tiempo a inicio de estro puede estar relacionada con la aplicación de la PGF2 $\alpha$  el mismo día del retiro del CIDR. Solórzano *et al.* (2008) señalan que este hecho retrasó la presentación de los primeros estros hasta después de 32.0 h; este retraso es dependiente también, con el momento de la luteólisis que se presenta en relación con el retiro del CIDR.

Cavalieri *et al.* (1997) evaluaron el método para determinar el tiempo más adecuado para sincronizar el estro y ovulación, entre dos inyecciones de PGF2 $\alpha$  o el implante subcutáneo de P4 más estradiol, y cuál sería el más adecuado para los programas de IATF en raza *Bos indicus*. Además, determinaron que las variaciones en los intervalos observados desde la última inyección o la extracción del implante hasta el estro en vacas, puede variar debido a las diferencias en la frecuencia de detección del estro, el número de animales en diferentes estudios, la duración del tratamiento con progestágenos, la edad, el genotipo, el manejo, las influencias estacionales y la etapa del ciclo en el momento del tratamiento.

Se puede señalar el total de tiempo destinado para la detección del estro, como un factor influyente, para esta actividad, debido a que la eficiencia en la detección visual de los estros se incrementa paralelamente con el número de observaciones llevadas a cabo por día. Estudios que solo contemplan la observación tres veces al día, se obtienen eficiencia de 70% (Rangel 2018). Esto se puede atribuir a que algunas de las hembras manifestaron celo entre las horas en los que no se observaron a los animales, y no se registró el momento preciso del inicio del celo. Aguirre *et al.* (2006) señalan que un número mayor de vacas presentan celo

en las horas de noche que durante el día, ello porque el calor ambiental afecta la expresión del estro aún en ganado Brahman adaptado al trópico.

## 7.2 Duración del estro (DE)

La DE considerada el periodo de aceptación de monta fue de 9.7 h para el grupo con eCG y 8.7 h sin eCG, no se presentó diferencia estadística significativa ( $P \geq 0.05$ ) para esta variable por efecto del tratamiento (Cuadro 1). Estos resultados coinciden con los reportados por González *et al.* (2010), quienes determinaron la DE entre las 9.1 y 12.4 h, en vacas Brahman en el trópico inducidas a celo farmacológicamente combinándolos con un subgrupo de vacas previamente en celo. Al evaluar el comportamiento estral en vacas chinampas (*Bos taurus*) con el efecto del toro en el trópico, Espinoza *et al.* (2007) mostraron resultados similares al del presente estudio, con tiempo de celo 9.1 h y 10.7 h respectivamente. A su vez, estos resultados contrastan con los reportados por Flores *et al.* (2018) quienes evaluaron el desempeño reproductivo en vacas lecheras sincronizadas con y sin cipionato de estradiol; la cuales presentaron promedio de 12.1 h y 12.3 h.

En vacas de ganado criollo lechero manejadas en pastoreo rotacional con suplementación de minerales y una ordeña por día, Guerrero *et al.* (2011) reportaron 16.2 h de DE; y González *et al.* (2017) en tres grupos experimentales donde se identificó el comportamiento y conducta sexual de novillas Brahman inducidas y sincronizadas con fármacos combinados, registraron durabilidad de celo 13.6 h, 12.7 h y 18.7 h.

La duración del estro depende de la especie y varía ligeramente de una hembra a otra de la misma especie (Hafez & Hafez 2002). Se señala que la duración del celo oscila entre 9 a 28 h dependiendo de la localización geográfica, la raza y la edad de la vaca (Sepúlveda & Rodeo 2003). También se ha reportado que el celo es más corto en el trópico y zonas subtropicales que en zonas templadas; así mismo la duración del celo en el ganado cebú y sus cruza es menor que en las razas europeas. La duración del celo también se ve afectada por el número de partos, pudiendo ser 50% más corto en las vacas primíparas que en las multíparas. Estos factores pueden explicar las diferencias presentadas con el presente estudio. King (1990) citado por Sepúlveda & Rodeo (2003), reportó que cuando había una vaca en celo, la duración de su estro era de 2.4 h mientras que cuando había dos o más vacas en celo, el estro se prolongaba a más de 14.0 h. Considerando lo anterior, algunos autores incluyen subgrupos

de hembras en celo en al menos un grupo experimental (Espinoza *et al.* 2007, González *et al.* 2010, González *et al.* 2017), facilitando que las hembras en celo interactúen con hembras sin celo, induciendo así su inicio; entre más hembras en celo haya en el grupo, se presentarán celos con mayor actividad, intensidad y duración.

Es importante hacer notar que las unidades experimentales del presente estudio, se manejaron en pastoreo y sin suplementación alimenticia; en contraste a lo realizado en otros estudios donde se alimentaron con raciones balanceadas. Se reporta mayor duración del celo cuando las hembras se alimentaron con concentrados 2 o 3 veces al día, también cuando están presentes condiciones favorables como sombra y mejor condición corporal (Ferreira *et al.* 2013).

### **7.3 Número de montas**

En el Cuadro 1 se observa el promedio de las montas aceptadas durante el celo, sin presentar diferencias significativas ( $P \geq 0.05$ ) entre grupos. Comportamiento similar en la interacción de montas permitidas fue reportados por Espinoza *et al.* (2007) quienes utilizaron un toro en un grupo experimental después de la segunda inyección de Dinoprostol y obtuvieron 39 montas (con toro) y 44 montas (sin toro).

Valores inferiores de actividad de montas durante el celo, fueron reportadas por Soto *et al.* (1999) quienes registraron 16 montas (en 10/45 ejemplares sin implante de Norgestomet 6 mg, inyección intramuscular de Norgestomet 3 mg y Valerato de estradiol 5 mg) y 18 montas aceptadas (con implante más Valerato de estradiol en 37/45 ejemplares), trabajando con vaquillas Brahman en condiciones de pastoreo y con efecto de la suplementación alimenticia, condición corporal y sincronización del estro sobre la actividad de monta. En un estudio realizado por González *et al.* (2010) donde se comparó el comportamiento sexual de vacas Brahman inducidas a celo farmacológicamente obtuvieron valores de 26 montas donde se introdujo un subgrupo de vacas en celo al momento del retiro del implante y 11 montas para el grupo sin añadir hembras en celo, por su parte Webb *et al.* (2004) en su estudio realizado en vacas cebuínas *Bos indicus* evaluaron dos tipos de destete y la aplicación de un progestágeno también registraron un bajo número de montas recibidas en tres grupos: con 18 montas (sin separar las crías de su madre), 10 montas (grupo sin contacto alguno con la cría)

y 15 montas aceptadas (separadas las crías de su madre pero con contacto visual) durante el estro.

En contraste con los resultados obtenidos en el presente estudio, se ha reportado una mayor actividad los grupos experimentales, Guerrero *et al.* (2011) quienes determinaron una aceptación de 63 montas en vacas de ganado criollo lechero. En otro estudio realizado por González *et al.* (2017) evaluaron tres grupos de novillas sincronizadas con implantes subcutáneos de Norgestomet 3 mg y 5 mg de Valerato de estradiol con la introducción de un subgrupo de vacas previamente inducidas a celo, obtuvieron medias superiores con 62 montas (sin la introducción de novillas), 53 montas (agregando novillas en celo) y 35 montas (introduciendo novillas en anestro).

Existen diversos factores que determinan el número de montas que puede realizar o recibir una vaca durante el estro. La variación en el número de montas que acepta cada vaca puede ser atribuida a la temperatura, la región geográfica, el número de hembras en celo en el grupo, el nivel jerárquico, incluyendo la presencia del observador y el tiempo destinado a dicha actividad (King 1990 citado por Sepúlveda & Rodeo 2003; Galina *et al.* 1993, Ramírez *et al.* 2006).

Una posible explicación de la diferencia en los resultados de celos más cortos respecto a los reportados por otros autores, se puede atribuir al menor registro de montas, además que las unidades experimentales fueron novillas. Castellanos *et al.* (1997) indican que las hembras jóvenes son más agresivas que las vacas multíparas y forman grupos poco estables, requieren mayor número de individuos participando en los grupos activos. Otra de las razones puede ser la influencia del clima ya que son más montas aceptadas en clima fresco (17 °C - 24 °C) que en clima cálido (25 °C - 30 °C) (Pennington *et al.* 1985). Hernández (2016) menciona que la intensidad del estro disminuye cuando las vacas están bajo estrés calórico, observándose una reducción del número de montas recibidas durante la época cálida en comparación con la época fría. Así mismo, indica que la reducción del comportamiento estral se debe a disminución de la actividad física provocada por la temperatura alta y, posiblemente, a la baja en las concentraciones séricas de estradiol observada en las vacas bajo estrés calórico.

Por el contrario, el incremento del número de montas puede deberse a la interacción social del grupo de vacas sin celo y las vacas con celo introducidas. La presencia de feromonas, ocasionan aumento de la conducta de montas activas entre hembras; también la introducción de toros en el grupo provoca el inicio de la conducta sexual o la actividad de realizar y recibir montas entre hembras (Medrano *et al.* 1996, Maquivar *et al.* 2002 y Espinoza *et al.* 2007). Adicional a lo anterior, Sepúlveda & Roderó (2003) reportan que, si sólo hay una vaca en celo, la intensidad disminuye y cuando el número de vacas que están en celo aumenta de 1, 2 o 3, el número de montas pasa de 11 a 36 y 52 respectivamente. Landaeta *et al.* (2002) reportan que durante el celo inducido hay mayor actividad de monta.

#### **7.4 Correlación de las variables tiempo del retiro a estro, duración del estro y número de montas permitidas por hembra**

La relación que se presenta entre las variables en entorno al estro (Cuadro 2), como lo son el tiempo del retiro del dispositivo intravaginal CIDR a inicio del estro, la duración del estro y el número de montas aceptadas por unidad experimental durante del estro son significativas ( $P < 0.05$ ).

Se presenta una correlación positiva y estadísticamente significativa ( $P < 0.05$ ) entre las variables duración el estro con el número de montas permitidas por unidad experimental (Fig. 2); esto indica que por cada monta adicional que permita una hembra durante su estro, esta se va a incrementar cuatro minutos. Por ello es importante que la hembra tenga más actividad de monta, por ende, su estro será más duradero e intenso, parte del éxito de la IA es cuando se realiza con celos intensos.

**Cuadro 2.** Correlación y funciones de predicción para las variables entorno al estro en ganado bovino doble propósito sincronizado con progestágenos y eCG.

<b>Función</b>	<b>Coefficiente de correlación (r)</b>	<b>Coefficiente de determinación (r<sup>2</sup>)</b>
DE= 29.58 - 0.58 TRE	-0.78*	0.605
TRE= 35.07 - 0.08 NM	-0.49*	0.244
DE= 8.02 + 0.07 NM	0.55*	0.308

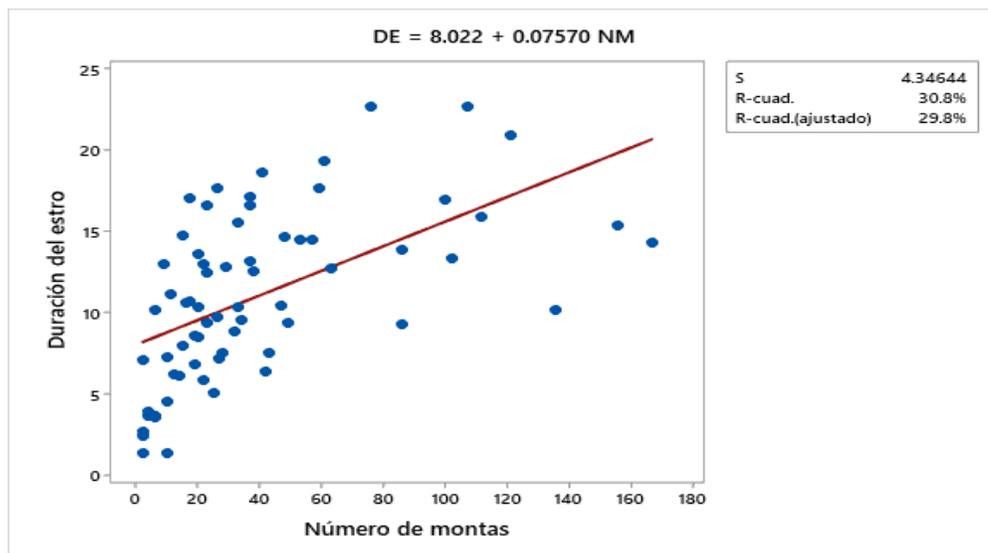
DE= Duración del estro.

TRE= Tiempo del retiro del dispositivo intravaginal a estro.

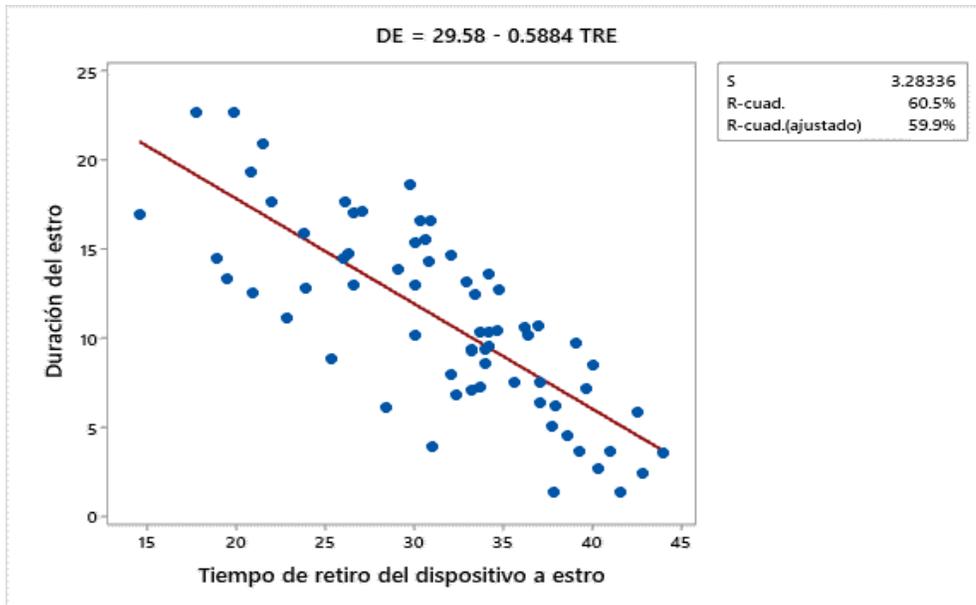
NM= Número de montas permitidas por unidad experimental durante el estro.

\*= Correlación significativa (P<0.05).

Por el contrario, se da una relación negativa y estadísticamente significativa (P < 0.05), entre las variables duración del estro con el tiempo del retiro del dispositivo intravaginal a inicio del estro (Figura 3), esto indica que por cada hora que una hembra retrase el inicio de celo, su duración se va a disminuir 35 min. De la misma manera, existe una relación negativa entre el tiempo del retiro del dispositivo con el número de montas permitidas, esto representa estros más cortos por lo tanto menos montas permitidas en la unidad experimental.



**Figura 2.** Correlación entre las variables duración del estro (h) y número de montas en ganado bovino doble propósito sincronizado con progestágeno y eCG.



**Figura 3.** Correlación entre las variables duración del estro (h) y tiempo del retiro de dispositivo a estro (h) en ganado bovino doble propósito sincronizado con progestágeno y eCG.

### 7.5 Tasa de estro en la sincronización

Los resultados obtenidos en la variable TE indican que no existe diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ) por efecto de la aplicación o no de la eCG al momento del retirar el dispositivo CIDR (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Efecto de la aplicación o no de la eCG al retiro del dispositivo CIDR en el protocolo de sincronización sobre tasa de estro en ganado bovino doble propósito en dos sistemas de producción.

<b>Fuente de variación</b>	<b>n</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>E.E<sup>1</sup></b>	<b>Intervalo de confianza (95%)</b>
<b>Sistema de producción</b>				
La Flor	26	88.46 <sup>a</sup>	7.0	70-96
La Aurora	43	81.39 <sup>a</sup>	7.5	67-90
<b>Hormona</b>				
Con eCG	35	85.71 <sup>a</sup>	6.5	70-94
Sin eCG	34	82.35 <sup>a</sup>	8.0	66-92
<b>Interacción</b>				
La Aurora - con eCG	22	83.31 <sup>a</sup>	7.0	64-93
La Aurora - sin eCG	21	79.39 <sup>a</sup>	8.0	59-91
La Flor - con eCG	13	89.78 <sup>a</sup>	6.0	68-97
La Flor - sin eCG	13	87.14 <sup>a</sup>	8.0	64-96

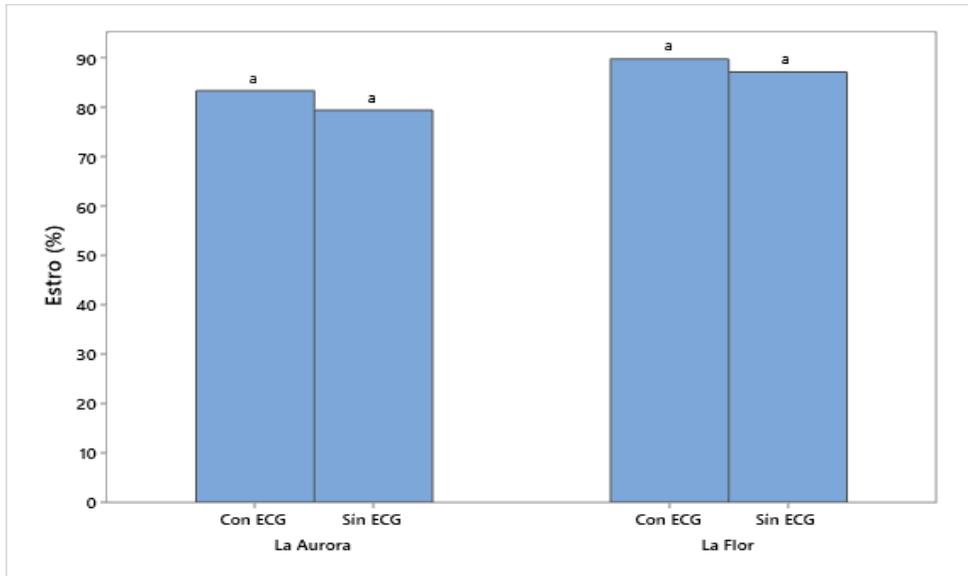
<sup>a</sup> = Medias con igual literal en misma columna y fuente de variación no difieren estadísticamente ( $P \geq 0.05$ ).

<sup>1</sup>E.E. = Error estándar.

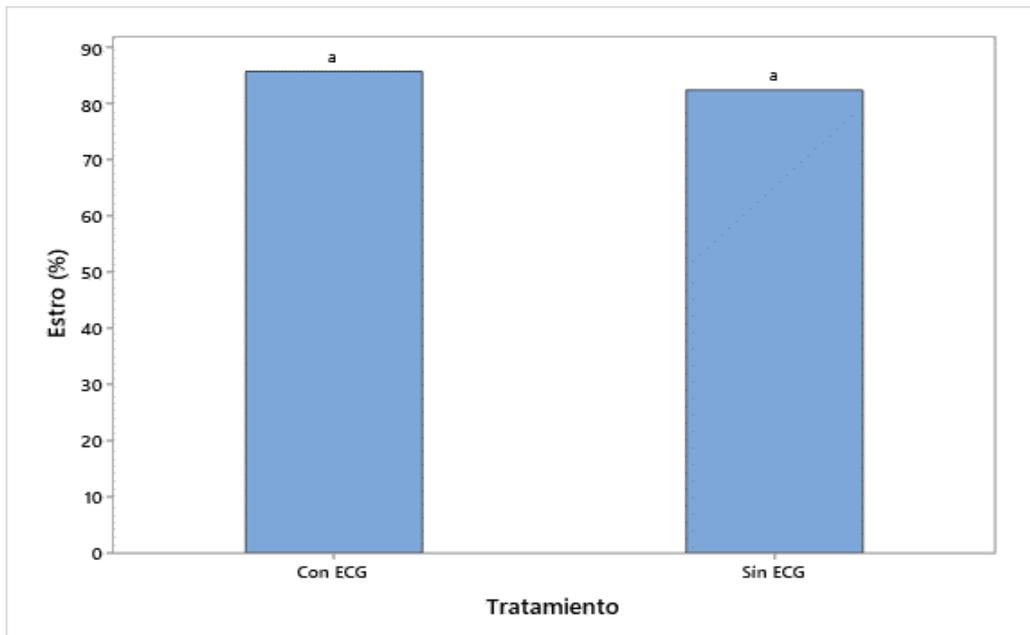
eCG = Gonadotropina Coriónica equina.

n = Número de unidades experimentales.

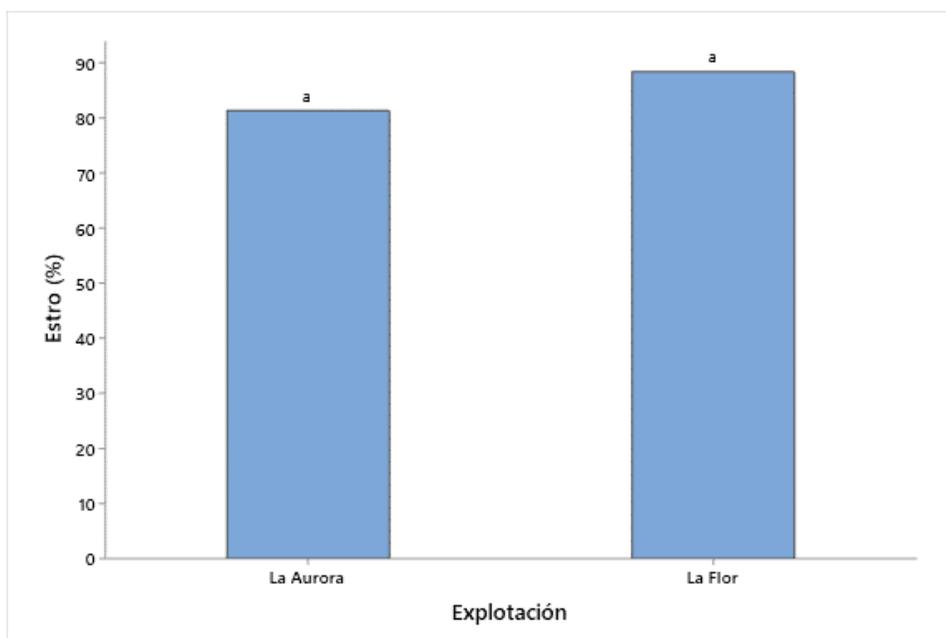
De acuerdo con estos resultados, al implementar el protocolo de sincronización de estro seleccionado para el presente estudio, la eficiencia obtenida en la expresión de celo fue positiva al obtener más de 80% de celo en los grupos (Figuras 4, 5 y 6).



**Figura 4.** Efecto de interacción sistema de producción – aplicación o no de eCG en el protocolo de sincronización sobre tasa de estro en ganado bovino doble propósito.  
<sup>a</sup> =Columnas con misma literal no difieren estadísticamente ( $P \geq 0.05$ ).



**Figura 5.** Efecto de aplicar o no eCG al retiro del dispositivo en el protocolo de sincronización sobre tasa de estro en ganado bovino doble propósito.  
<sup>a</sup> = columnas con misma literal no difieren estadísticamente ( $P \geq 0.05$ ).



**Figura 6.** Efecto de sistemas de producción sobre la tasa de estro en la sincronización en ganado bovino doble propósito.

<sup>a</sup> = columnas con misma literal no difieren estadísticamente ( $P \geq 0.05$ ).

Los resultados encontrados en el presente estudio coinciden con los reportados por Peralta *et al.* (2021) con 79.3% de manifestación de estro al implementar un protocolo similar al del presente estudio sin utilizar eCG. También coinciden con los obtenidos por Yáñez *et al.* (2018) con 75.7% donde evaluó un protocolo de estro prolongado en vacas doble propósito.

Bó & Cutaia (2005a) obtuvieron menor respuesta en dicha variable, con 76.0% vs 60.0%, al evaluar el efecto de la eCG al momento de retirar los dispositivos con P4 sobre la dinámica folicular, ovulación y concentraciones plasmáticas en cruza de ganado *Bos indicus*. Al utilizar el dispositivo intravaginal de P4 de segundo y tercer uso, Medalha *et al.* (2015) registraron 44.0% vs 33.0%. Por su parte Yáñez *et al.* (2021) con un protocolo de sincronización J-Synch registraron con eCG 52.1% y 50.0% sin eCG. El menor promedio encontrado puede ser atribuido a que las hembras no recibieron una fuente de estrógenos, lo que influyó para que las vacas no presentaran estro. Otro posible factor es el nivel de balance energético negativo en el que se encuentre el animal, ya que puede influir en el intervalo entre el tratamiento con progesterona más estradiol y el inicio de la nueva onda folicular, determinando menor tasa de sincronización (Meneghetti & Vasconcelos 2008).

En contraste, Olivera *et al.* (2020) trabajando con vacas mestizas, a las cuales se les evaluaron la eficiencia de BE, CE y GnRH como inductores de la ovulación en protocolos IATF, reportaron datos superiores en hembras que mostraron celo mayor a 90.0% en sus tres tratamientos (100%, 93.3% y 93.3%). Esto demuestra que dicho protocolo de sincronización con los fármacos utilizados fue más eficiente para inducir el pico de la LH, lo que dio lugar a ovulaciones sincronizadas. Dichos autores destacan que en los ésteres de estradiol y GnRH existen variaciones farmacológicas; sin embargo, tienen gran eficacia como inductores de la ovulación y también para la sincronización de esta misma.

### 7.6. Tasa de gestación en la sincronización

Para la variable tasa de gestación obtenida en el presente estudio, no presento diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ) por efecto de la aplicación o no de la eCG en el protocolo de sincronización de estro (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Efecto de aplicar o no eCG al retiro del dispositivo CIDR en el protocolo de sincronización del estro sobre la tasa de gestación en ganado bovino doble propósito.

Fuente de variación	n	Porcentaje	E.E. <sup>1</sup>	Intervalo de confianza (95%)
<b>Sistema de producción</b>				
La Flor	26	38.50 <sup>a</sup>	11.0	22 - 58
La Aurora	43	37.20 <sup>a</sup>	9.0	24 - 52
<b>Hormona</b>				
Con eCG	35	37.14 <sup>a</sup>	10.0	23 - 54
Sin eCG	34	38.20 <sup>a</sup>	10.0	24 - 55
<b>Interacción</b>				
La Flor - con eCG	13	37.92 <sup>a</sup>	11.0	19 - 61
La Flor - sin eCG	13	39.00 <sup>a</sup>	11.0	20 - 62
La Aurora - con eCG	22	36.68 <sup>a</sup>	9.0	21 - 56
La Aurora - sin eCG	21	37.76 <sup>a</sup>	9.0	21 - 57

<sup>a</sup> = Medias con igual literal en misma columna y fuente de variación no difieren estadísticamente ( $P \geq 0.05$ ).

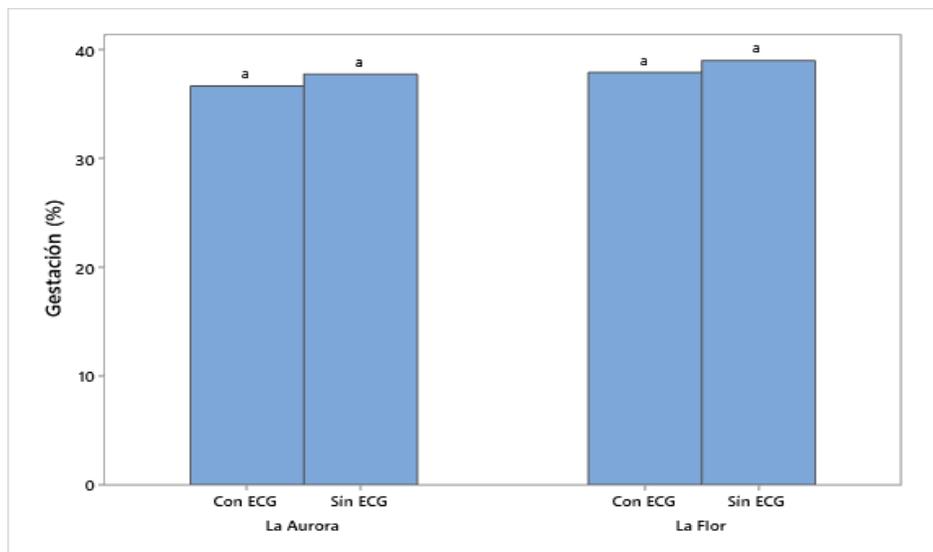
<sup>1</sup>E. E. = Error estándar.

eCG = Gonadotropina Coriónica equina.

n = Número de unidades experimentales.

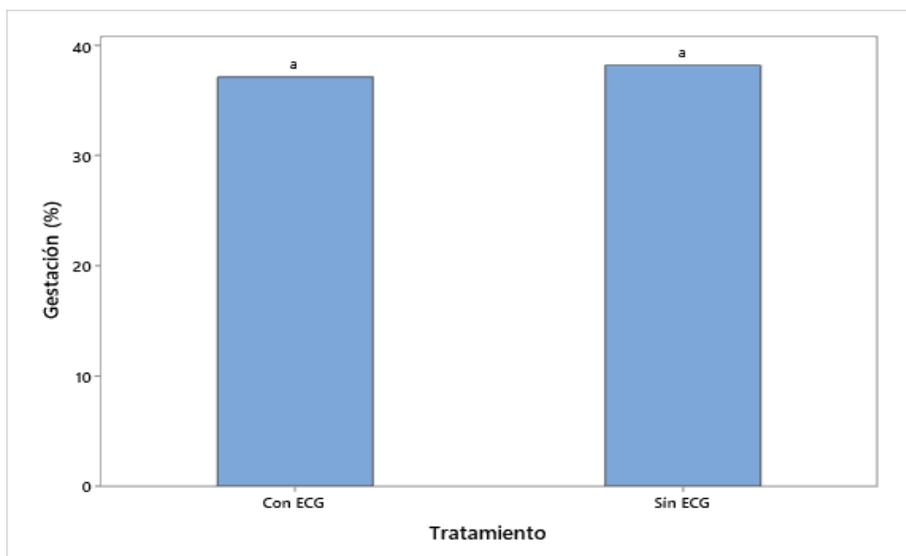
Una de las alternativas para aumentar los porcentajes de preñez en ganado *Bos indicus*, es la aplicación de eCG en el momento de la extracción de dispositivo de P4. Sin embargo, en el

presente estudio no se presentó respuesta favorable por el tratamiento aplicado entre los grupos ni en las explotaciones, como se muestra en las Figuras 7, 8 y 9.



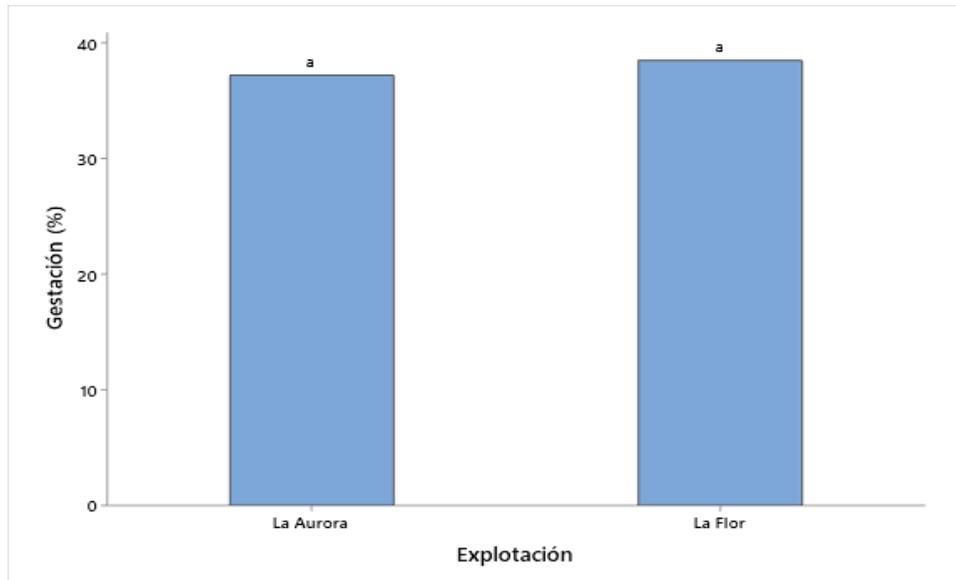
**Figura 7.** Efecto de interacción sistema de producción – aplicación o no de eCG en el protocolo de sincronización sobre la tasa de gestación en ganado bovino doble propósito.

<sup>a</sup> = Columnas con misma literal no difieren estadísticamente ( $P \geq 0.05$ ).



**Figura 8.** Efecto de aplicar eCG al retiro del dispositivo CIDR en el protocolo de sincronización sobre la tasa de gestación en ganado bovino doble propósito.

<sup>a</sup> = Columnas con misma literal no difieren estadísticamente ( $P \geq 0.05$ ).



**Figura 9.** Efecto del sistema de producción sobre la tasa de gestación en la sincronización en ganado bovino doble propósito.

<sup>a</sup> = Columnas con misma literal no difieren estadísticamente ( $P \geq 0.05$ ).

Resultados en el porcentaje de preñez similar a los obtenidos en el presente estudio fue reportados por Campos *et al.* (2016) con 38.3% vs 32.1% en vacas Nelore lactantes y no lactantes sometidas a IATF utilizando un protocolo de P4 inyectable. También los resultados obtenidos por Bó & Cutaia (2005b) coinciden con los del presente estudio, donde obtuvieron 42.3% y 36.5%, además evaluaron si el destete temporal y la aplicación de eCG podría mejorar el rendimiento reproductivo de las vacas cebú. Por otra parte, nuestros resultados contrastan con los reportados por Vallejo *et al.* (2017), quienes obtuvieron un promedio menor a 20.0% al utilizar vacas Brahman en anestro con cría al pie, en las cuales realizó IATF sin la administración de eCG.

En contraste, estudios realizados por Bastos *et al.* (2016), al determinar el impacto de la eCG asociada con diferentes protocolos de inseminación artificial programada sobre la tasa de preñez en vacas *Bos indicus*, obtuvieron mejor respuesta en la tasa de gestación 51.7%, 47.1% y 47.8%. Por su parte Bó & Cutaia (2005a) implementando un protocolo similar al del presente estudio, también obtuvieron una mejor respuesta 59.6%, 50.9% y 54.2%. De igual manera, resultados superiores fueron reportados por Mayorga *et al.* (2020) al comparar el efecto de dos diferentes inductores de la ovulación con base de estrógenos (BE o CPE) en

el protocolo de sincronización con IATF en vacas criollas, reportaron tasas de preñez mayores 66.6% y 62.9%.

Diversos estudios se han realizado con la finalidad de evaluar la eCG al retiro del dispositivo en el protocolo de sincronización, y han dado como resultado variación en cuanto a sus efectos, tanto positivo como negativos en la tasa de gestación. Se puede suponer que el aumento de la tasa de concepción en hembras bovinas con eCG puede estar relacionado a lo siguiente: 1) el incremento en la tasa de ovulación, principalmente en animales en anestro, y 2) al aumento de las concentraciones plasmáticas de progesterona (P4) en el diestro del ciclo siguiente a la IATF, que puede mejorar el desarrollo embrionario y de manutención de la gestación (Baruselli *et al.* 2014). Así mismo, se ha comprobado que el uso de eCG va a mejorar las tasas de preñez en vacas con cría con condición corporal de 2.0 a 2.5 (escala del 1 al 5), pero solo en caso de que los animales se encuentren aumentando peso. También, se señala que la condición corporal puede ser un determinante en la tasa de preñez en la IATF, por lo que se sugiere que las hembras tengan condición corporal mayor a 2.5 al momento de iniciar un tratamiento de sincronización de celo para obtener resultados aceptables (Bó & Cutaia 2005b).

### **7.7 Tasa de estro y de gestación en la primera resincronización**

Con la resincronización del estro se busca que las hembras no gestantes retornen a celo en un periodo relativamente corto, para tener nuevamente la oportunidad de realizar la IA, con la finalidad de aumentar el número de animales gestantes en el hato. Uno de los tratamientos más comunes para la resincronización del estro en el ganado implica usar un dispositivo de progesterona nuevo o reutilizado, con Benzoato de estradiol o Cipionato de estradiol (Campos *et al.* 2013).

Para resincronizar el estro y dar un segundo servicio, se insertó el CIDR (usado en la sincronización anterior) el día 14 post-IA a todas las hembras durante 7 d, logrando incrementar significativamente ( $P < 0.05$ ) el retorno de celo mayor a 21% (Cuadro 5 y Figura 10).

**Cuadro 5.** Efecto de la primera resincronización sobre tasa de estro en ganado bovino doble propósito con un protocolo de sincronización de estro con dispositivos CIDR usado.

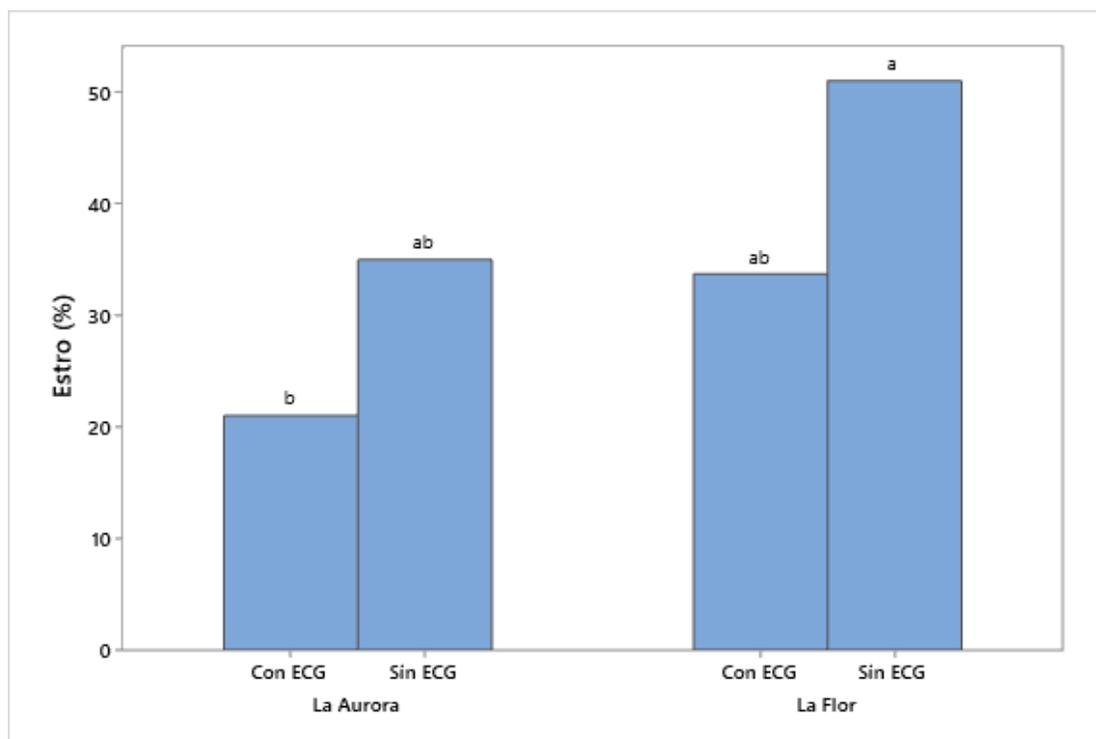
Fuente de variación	n	Porcentaje	E. E <sup>1</sup>	Intervalo de confianza (95%)
<b>Sistema de producción</b>				
La Flor	26	42.0 <sup>a</sup>	11.5	25 - 61
La Aurora	43	28.0 <sup>a</sup>	8.0	17 - 43
<b>Hormona</b>				
Con eCG	35	25.7 <sup>b</sup>	9.0	14 - 43
Sin eCG	34	41.0 <sup>a</sup>	10.5	26 - 58
<b>Interacción</b>				
La Aurora - con eCG	22	21.0 <sup>b</sup>	7.0	10 - 39
La Aurora - sin eCG	21	35.0 <sup>ab</sup>	9.0	19 - 55
La Flor - con eCG	13	33.7 <sup>ab</sup>	11.0	16 - 57
La Flor - sin eCG	13	51.0 <sup>a</sup>	12.0	29 - 72

<sup>a,b</sup> = Medias con distinta literal en columna y fuente de variación difieren estadísticamente (P<0.05).

<sup>1</sup>E.E. = Error estándar.

eCG = Gonadotropina Coriónica equina.

n = Número de unidades experimentales.



**Figura 10.** Efecto de interacción sistema de producción – aplicación o no de eCG en la primera resincronización sobre tasa de estro en ganado bovino doble propósito.

<sup>a, b</sup> = Columna con diferente literal difieren estadísticamente (P < 0.05).

De acuerdo con los resultados obtenidos en este experimento, la eficiencia de tratamiento fue positiva logrando que un mayor número de hembras no gestantes retornaran a celo, por lo que se permitió realizar la inseminación nuevamente, alcanzando incrementos de 10.0%, 12.3%, 13.8% y 17.0% en la tasa de gestación; sin embargo, la diferencia no fue significativa ( $P \geq 0.05$ ) (Cuadro 6 y Figura 11).

**Cuadro 6.** Efecto de la primera resincronización sobre tasa de gestación en ganado bovino doble propósito con un protocolo de sincronización de estro con dispositivos CIDR usado.

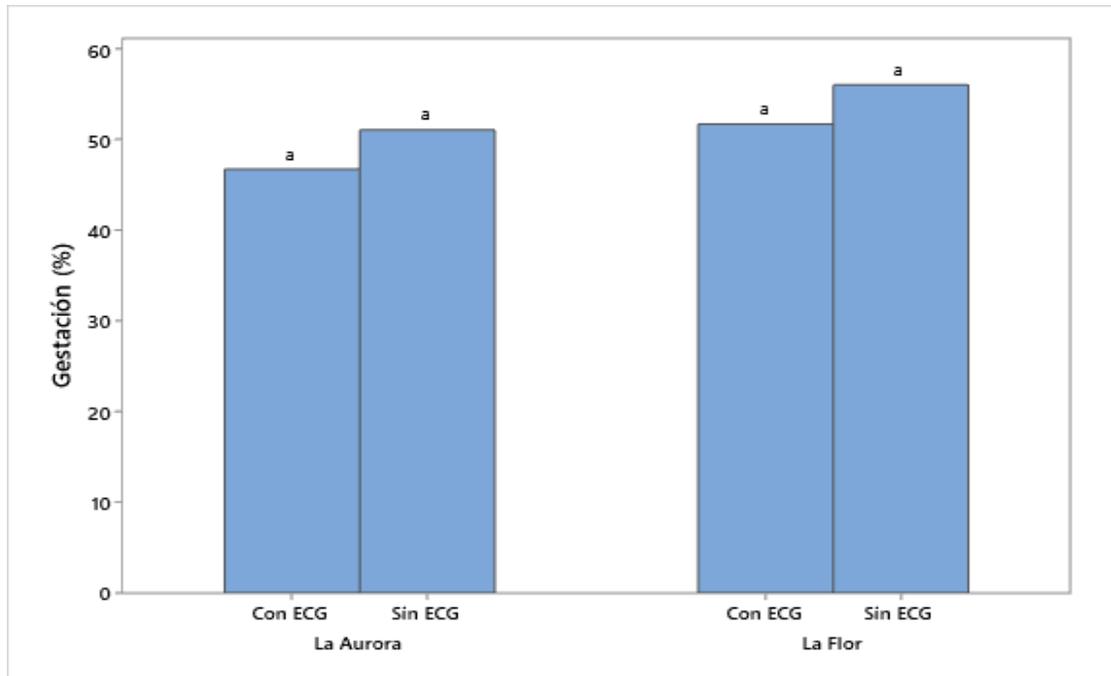
<b>Fuente de variación</b>	n	Porcentaje	E. E <sup>1</sup>	Intervalo de confianza (95%)
<b>Sistema de producción</b>				
La Flor	26	53.80 <sup>a</sup>	11.0	35 - 72
La Aurora	43	48.80 <sup>a</sup>	10.0	34 - 63
<b>Hormona</b>				
Con eCG	35	48.60 <sup>a</sup>	10.5	35 - 65
Sin eCG	34	52.90 <sup>a</sup>	10.5	36 - 69
<b>Interacción</b>				
La Flor - con eCG	13	51.70 <sup>a</sup>	11.0	30 - 72
La Flor - sin eCG	13	56.00 <sup>a</sup>	11.0	34 - 76
La Aurora - con eCG	22	46.70 <sup>a</sup>	10.0	29 - 65
La Aurora - sin eCG	21	51.05 <sup>a</sup>	10.0	32 - 69

<sup>a</sup> = Medias con igual literal en misma columna y fuente de variación no difieren estadísticamente ( $P \geq 0.05$ ).

<sup>1</sup>E.E. = Error estándar.

eCG = Gonadotropina Coriónica equina.

n = Número de unidades experimentales.



**Figura 11.** Efecto de interacción sistema de producción – aplicación o no de eCG en la primera resincronización sobre tasa de gestación en ganado bovino doble propósito.  
<sup>a</sup> = Columnas con misma literal no difieren estadísticamente ( $P \geq 0.05$ ).

Los resultados de comportamiento de estro en la primera resincronización son similares a los reportados por Serrano *et al.* (2014) quienes al evaluar la tasa de preñez en vacas doble propósito sincronizadas con dispositivos intravaginales CIDR con IA a celo detectado, y resincronizadas a los 14 d reutilizando el dispositivo, obtuvieron 40.7% de retorno del estro. En contraste, la tasa de gestación acumulada al segundo servicio fue superior al del presente estudio con 70.3%.

Cutaia *et al.* (2003) en un primer estudio utilizaron 164 vacas secas cruza cebú a las cuales se les reinserto un CIDR-B por 5 d, desde el 16 al 21 día post IATF, retornando a celo 53.7%, con tasa de preñez acumulada de 73.7%. Con respecto al segundo trabajo realizado por estos mismos autores, utilizaron 150 vacas con cría, con una baja condición corporal, 54.0% repitieron celo con la resincronización, y obtuvieron una preñez acumulada de 54.0% (Cutaia *et al.* 2003), cuyos resultados fueron similares a los obtenidos en el presente estudio.

Al respecto, Guevara (2008) en su investigación evaluó un programa de sincronización y resincronización de celo a los 13 d post IA reutilizando el DIV-B de P4 en vacas productoras de leche con anestro post parto en pastoreo, logrando 52.6% vs 60.0% de estro producto de

la resincronización, y tasa de gestación de 30.0% vs 40.9%. Por su parte Amores & Delgado (2010), al evaluar el efecto de la sincronización y de la resincronización de celos reutilizando el DIV-B de progesterona, sobre el porcentaje de preñez en bovinos raza Brangus bajo sistema de pastoreo rotacional, obtuvieron retorno al celo de 84.6% y 54.5%, así mismo presentaron gestación acumulada de 55.5% y 73.3% promedio superior a lo obtenido en el presente estudio.

En este mismo sentido Roller & Pedroso (2015) realizaron un trabajo para comparar la eficacia de dos procedimientos en vacas mestizas (Holstein x cebú) con amamantamiento restringido en pastoreo, previamente inseminadas y resincronizadas en estado desconocido de gestación, donde los 3 grupos experimentales retornaron a celo en 100%, 46.0% y 28.0%, mientras que los valores de preñez obtenidos después del segundo servicio fueron de 56.0%, 44.0% y 32.0% resultados que coinciden con este estudio.

Los incrementos en la tasa de gestación al segundo servicio pueden ser atribuidos al estímulo hormonal de los tratamientos utilizados previamente, y posiblemente al que posteriormente fueron sometidas las hembras para inducir el retorno del estro y volverlas inseminar; es decir, al proceso de la resincronización. Cabe resaltar que Medalha *et al.* (2015) coinciden con la relación positiva de presencia celo y fertilidad. Dichos autores evaluaron la reutilización de los dispositivos intravaginales nuevos, de segundo y tercer uso, concluyendo que la manifestación de estro influyó en la tasa de preñez, obteniendo como resultado 44.0% (81/184) de preñez en las hembras que presentaron celo, en relación con 33.0% (40/121) para las que no presentaron celo, indicando que tienen de 6.54 veces más la posibilidad de gestación las hembras con presencia de celo.

### **7.8 Tasa de estro y de gestación en segunda resincronización**

Con una segunda resincronización se espera que disminuya el número de vacas en celo, vacas vacías y, por tanto, lograr alto porcentaje de gestación acumulada al tercer servicio. Tal como se demuestra en los resultados obtenidos en el presente estudio, el porcentaje de hembras no gestantes que retornaron a celo oscilaron entre 10.0% y 35.0% existiendo diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) (Cuadro 7), logrando así mejorar los porcentajes de preñez en los grupos con incrementos de hasta 29% de gestación acumulada del primer a tercer servicio (Cuadro 8).

**Cuadro 7.** Efecto de la segunda resincronización sobre tasa de estro en ganado bovino doble propósito con un protocolo de sincronización de estro con dispositivos CIDR usado.

<b>Fuente de variación</b>	<b>n</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>E. E<sup>1</sup></b>	<b>Intervalo de confianza (95%)</b>
<b>Sistema de producción</b>				
La Flor	26	19.23 <sup>a</sup>	8.5	8 - 39
La Aurora	43	23.25 <sup>a</sup>	7.5	13 - 38
<b>Hormona</b>				
Con eCG	35	11.43 <sup>b</sup>	6.0	4 - 27
Sin eCG	34	32.35 <sup>a</sup>	10.0	19 - 49
<b>Interacción</b>				
La Flor - con eCG	13	09.70 <sup>c</sup>	6.0	3 - 29
La Flor - sin eCG	13	28.70 <sup>ab</sup>	11.0	12 - 54
La Aurora - con eCG	22	12.40 <sup>bc</sup>	6.0	4 - 30
La Aurora - sin eCG	21	34.60 <sup>a</sup>	9.0	18 - 55

<sup>a,b,c</sup> = Medias con distinta literal en igual columna y fuente de variación difieren estadísticamente ( $P < 0.05$ ).

<sup>1</sup>E. E. = Error estándar.

eCG = Gonadotropina Coriónica equina.

n = Número de unidades experimentales.

**Cuadro 8.** Efecto de la segunda resincronización sobre tasa de gestación acumulada en ganado bovino doble propósito con un protocolo de sincronización de estro con dispositivos CIDR usado.

<b>Fuente de variación</b>	<b>n</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>E. E<sup>1</sup></b>	<b>Intervalo de confianza (95%)</b>
<b>Sistema de producción</b>				
La Flor	26	61.5 <sup>a</sup>	10.5	42 - 78
La Aurora	43	55.8 <sup>a</sup>	9.5	41 - 70
<b>Hormona</b>				
Con eCG	35	51.4 <sup>a</sup>	10.5	35 - 67
Sin eCG	34	64.7 <sup>a</sup>	9.5	48 - 79
<b>Interacción</b>				
La Flor - con eCG	13	55.1 <sup>ab</sup>	11.0	33 - 75
La Flor - sin eCG	13	68.0 <sup>a</sup>	10.0	45 - 85
La Aurora - con eCG	22	49.2 <sup>b</sup>	10.0	31 - 67
La Aurora - sin eCG	21	62.6 <sup>ab</sup>	9.0	43 - 79

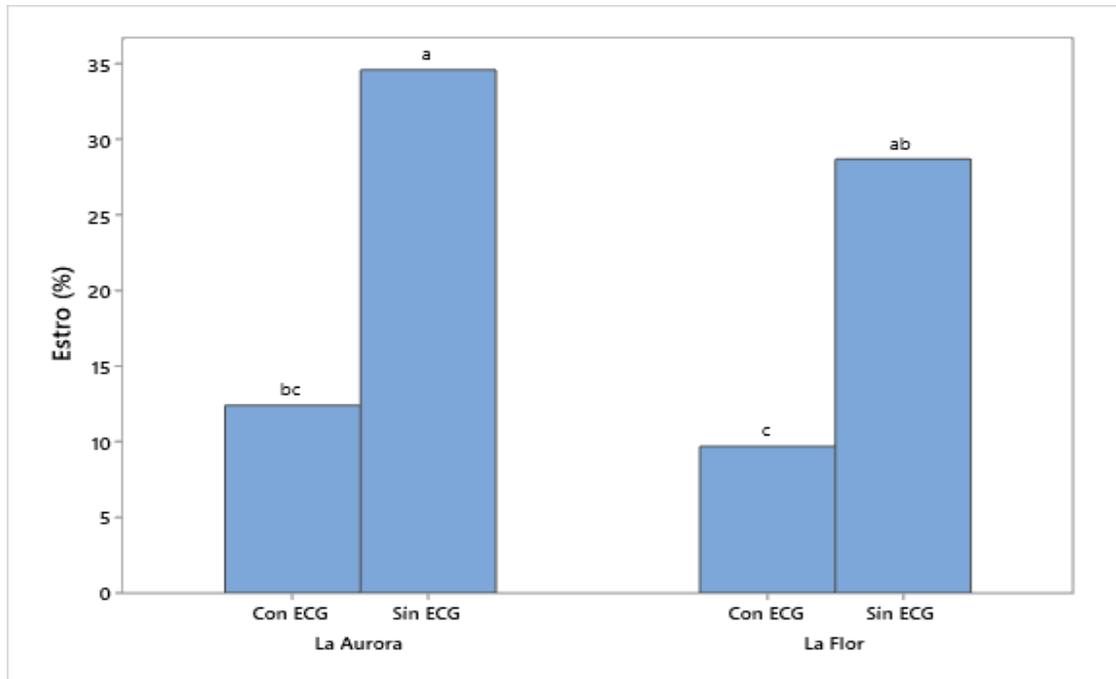
<sup>a,b</sup> = Medias con distinta literal en misma columna y fuente de variación difieren estadísticamente ( $P < 0.05$ ).

<sup>1</sup>E.E. = Error estándar.

eCG = Gonadotropina Coriónica equina.

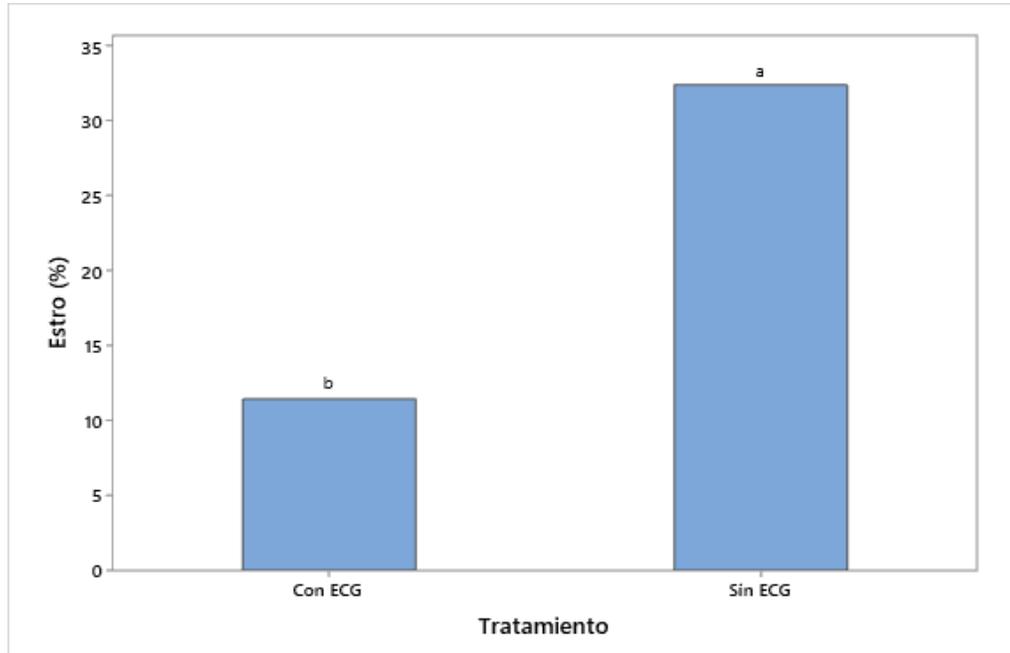
n = Número de unidades experimentales.

Destacando que los grupos que más repitieron celo al implementar la resincronización fue donde no se aplicó eCG en el protocolo de sincronización (Figuras 12 y 13); en estos grupos con más vacas repetidoras de celo, es donde se registró el mayor porcentaje de gestación (Figura 14).



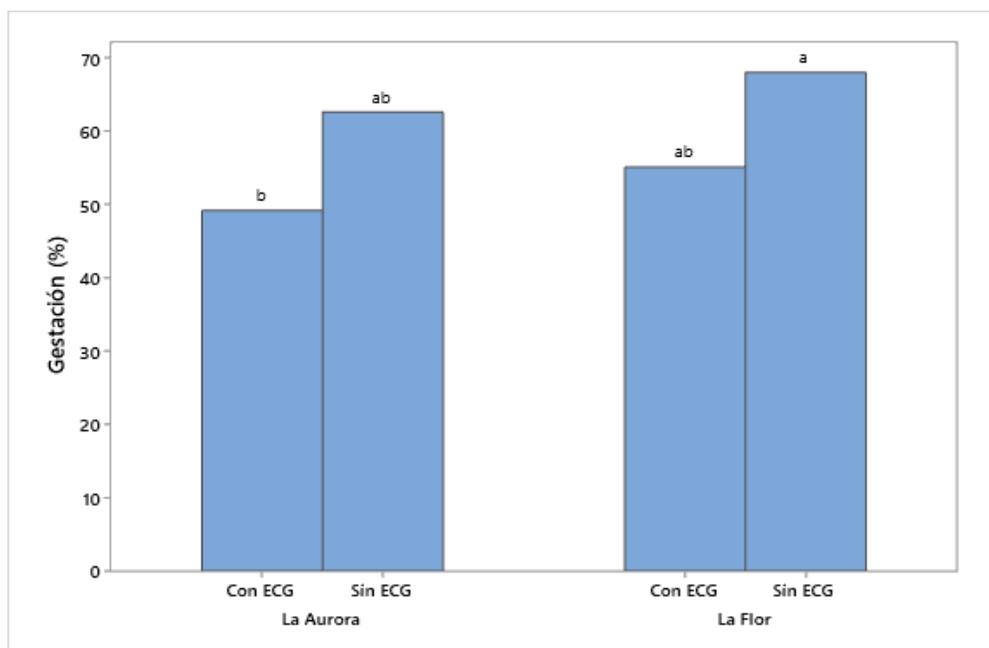
**Figura 12.** Efecto de interacción sistema de producción – aplicación o no de eCG en la segunda resincronización sobre tasa de estro en ganado bovino doble propósito.

<sup>a,b,c</sup> = Columna con diferente literal difieren estadísticamente ( $P < 0.05$ ).



**Figura 13.** Efecto de la aplicación o no de eCG en la segunda resincronización sobre la tasa de estro en ganado bovino doble propósito.

<sup>a, b</sup> = Columnas con diferente literal difieren estadísticamente ( $P < 0.05$ ).



**Figura 14.** Efecto de interacción sistema de producción – aplicación o no de eCG en la segunda resincronización sobre la tasa de gestación acumulada en ganado bovino doble propósito.

<sup>a,b</sup> = Columnas con diferente literal difieren estadísticamente ( $P < 0.05$ ).

Un comportamiento similar en la presentación de celo implementando en una segunda resincronización, fue reportada por Moncada (2019), quien evaluó el efecto de la condición de las unidades experimentales (vacas o vaquillas), el factor hormonal (progestágenos o prostaglandinas) y su interacción en ganado bovino doble propósito en trópico seco y resincronizadas con CIDR de P4, obtuvo 28.9% vs 21.0% de retorno a celo con CIDR nuevo y usado respectivamente, así mismo reportó una tasa de preñez acumulada al tercer servicio de 47.3% vs 63.1% respectivamente.

Al evaluar el efecto de la pre-sincronización, sincronización y resincronización con CIDR de P4 en dos sistemas de producción de ganado bovino doble propósito, Gómez (2021) obtuvo resultados similares en la presentación del celo en la segunda resincronización. El procedimiento empleado para dar un tercer servicio fue similar al del presente estudio con inserción del CIDR por 7 d, reportando 20.0%, 12.0%, 42.1% y 26.3% de retorno a celo. Sin embargo, la tasa de gestación al tercer servicio fue baja 48.0%, 44.0%, 36.8% y 36,8% con respecto al presente estudio.

En este mismo sentido, Santos (2021) al evaluar el tiempo de permanencia de CIDR en la resincronización (colocado por 14 d ó 7 d) utilizando IA, sobre la tasa de estro y tasa de preñez en ganado bovino doble propósito; reportó 26.6 % y 16.6% de retorno a celo. Por lo tanto, la tasa de gestación acumulada al tercer servicio fue superior a la del presente estudio, reportando 80% y 73.3%.

En otro estudio realizado por Crepaldi *et al.* (2014), al someter hembras Nelore a tres programas de IATF consecutivas con 32 d de intervalo entre inseminaciones, reportaron porcentaje de gestación de 44.0% vs 46.0% al tercer servicio, y gestación acumulada de 87.4% vs 81.8% respectivamente. Llegando a la conclusión que el uso de tres IATF consecutivas resulta en eficiencia satisfactoria, sin el uso de apareamiento natural.

Feola *et al.* (2018), realizaron un estudio con el fin de mejorar la fertilidad mediante la sincronización y la resincronización, el objetivo fue evaluar el porcentaje de preñez obtenido en un periodo de servicio de 64 d y el efecto de programas de resincronización sobre la preñez preestablecida al utilizar dos modelos de tratamiento: un programa de tres IATF seriadas y otro con una IATF más el repaso de toros con monta natural. De acuerdo a sus resultados, el tratamiento utilizado indujo tasa de preñez 50.0%, 67.7%, 94.8% y 96.6%; que son superiores a las obtenidas en el presente estudio.

Con base a lo anterior, al analizar las posibles diferencias en los resultados, Medalha *et al.* (2015) demuestran que los dispositivos intravaginales (CIDR P4) pueden ser reutilizados, permitiendo iniciar la sincronización del ciclo a partir de concentraciones más bajas de esta hormona, sin reducir las tasas de concepción, siendo una forma viable y eficiente de realizar IA nuevamente. Por ello, se justifica reutilizar los dispositivos. En relación a lo anterior, Martínez *et al.* (2009) señalan que al reutilizar el CIDR hasta por tres veces se logra obtener una proporción de hembras gestantes similar al utilizar CIDR nuevos.

Otras posibles diferencias de nuestros resultados en contraste con otros autores, se pueden deber a numerosos factores, como el tipo de ganado, condición corporal, las condiciones de manejo y los esquemas o tratamientos utilizados en los diferentes estudios realizados; como la utilización de sales de estradiol como inductor de la ovulación en algunos protocolos de resincronización, los cuales difieren con los resultados del presente estudio. Pereira *et al.* (2016) destacan que la expresión del estro cerca de la IA está asociada a mejor función

ovárica, lo cual indica mayor fertilidad y establecimiento de la gestación. Por lo que el mayor retorno al celo, en la resincronización de hembras no gestantes, es parte fundamental en los incrementos de gestación por cada servicio realizado.

## VIII. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados de la presente investigación, las variables reproductivas en relación al estro no fueron afectadas con y sin la aplicación de eCG en el protocolo de sincronización.

La respuesta obtenida en tasa de estro y tasa de gestación en el ganado bovino de doble propósito no presentó efecto significativo con y sin la aplicación de eCG en el protocolo de sincronización implementado.

Existe correlación estadística significativa y negativa para las variables duración del estro y el tiempo del retiro del dispositivo a inicio del estro. De la misma manera, para las variables número de montas permitidas por hembra durante el celo con la duración del estro.

Por otra parte, existe correlación estadística significativa y positiva entre las variables duración del estro con el número de montas permitidas por unidad experimental durante el estro.

Al implementar la resincronización ayudó a identificar hembras no gestantes retornando a celo para ser inseminadas nuevamente, obteniendo un incremento superior al 20% de gestación acumulado al realizar tres servicios.

## **IX. IMPLICACIONES**

Los largos intervalos entre partos y hembras repetidoras son algunos de los factores a los que se enfrentan los productores de ganado bovino, por lo tanto, esto repercute en la obtención de mayor número de crías y producción de leche por año. El uso de la sincronización de celo y la IA son herramientas utilizadas en los programas de tecnologías reproductivos para mejorar la eficiencia reproductiva y productiva.

Dentro de las ventajas o beneficios que los productores obtienen al implementar estas actividades en sus sistemas de producción; se logra un mayor número de hembras en celo y disponibles para la inseminación, y finalizan con una alta tasa de gestación. Además, con la IA se facilita el manejo de cruzamientos entre razas, mejorando su línea genética. Los terneros nacidos destinados a la venta representan mayores ganancias para el productor, por tener crías de mejor genética y mejores pesos al destete. Así mismo, las hembras seleccionadas para remplazos serán mejores productoras de leche, lo cual representa más leche para la venta y/o como alimento para sus becerros.

Algunas de las tradiciones de la región Costa de Oaxaca son las exposiciones de ganado y los concursos de “La vaca lechera” en las ferias ganaderas. El participar con mejores ejemplares y ganar alguno de los premios los productores van adquiriendo prestigio por contar con ganado de buena genética y adaptado al trópico, esto incide en más ingresos económicos a su venta.

Para participar en dichos eventos los productores preparan su ganado con un programa sanitario, alimenticio y reproductivo, programando los periodos de parto para que las hembras en las fechas de los concursos se encuentren en su pico de producción láctea y el resto del ganado se encuentre en buena condición corporal. No solo estos programas son importantes para los eventos de las ferias, también son importantes para los sistemas de ordeño por lo que se tiene una producción de leche constante durante todo el año.

## **X. RECOMENDACIONES**

- Implementar con mayor frecuencia en los hatos ganaderos de la región los protocolos de sincronización de celo utilizando dispositivos CIDR de P4 debido a que pueden ser reutilizables en la resincronización, con ello ayudando a mejorar los parámetros reproductivos.
- Realizar la resincronización de celo a los 14 d post-IA ya que reduce el periodo entre inseminaciones, finalizando los programas reproductivos con resultados positivos en la tasa de gestación.
- Transmitir los resultados obtenidos en el presente estudio a los ganaderos con el propósito de dar a conocer diferentes alternativas de mejora reproductiva, y sugerir seleccionar un programa reproductivo acorde a las necesidades de cada sistema de producción.
- Realizar un correcto registro sanitario del hato previo a implementar un protocolo de sincronización y/o realizar IA.
- Es necesario estudios futuros con nuevas propuestas en protocolos de sincronización de estro específicamente diseñados para mejorar la eficiencia reproductiva en los sistemas de producción de doble propósito de la región Costa de Oaxaca, y que corrobore la información resultante de esta investigación.

## XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- Aguirre, G., C. Pardo & A. Góngora. 2006. Inicio de celo, tasa de gestación y relación del tiempo de inseminación con los niveles de progesterona en vacas Brahman. *Revista MVZ Córdoba.* 11(1): 766-772.
- 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., G. Saharrea., J. Valencia & L.A. Zarco. 2002. *Mejoramiento Animal Reproducción.* 2<sup>a</sup>. Ed. UNAM, México. 235 pp.
- Baruselli, P.S., E.L. Reis., M.O. Marques., L.F. Nasser & G.A. Bó. 2004. The use of hormonal treatments to improve reproductive performance of anestrus beef cattle in tropical climates. *Animal Reproduction Science.* 82-83:479-86.
- Baruselli, P.S., J.N.S Sales., G.A Crepaldi., M.O. Marques., R.M. Ferreira., de M.F. Sá Filho & L.M. Vieira. 2014. Uso de eCG asociada al control de la dinámica folicular IATF, TETF y SPO. *Taurus* 62: 32-42.
- Baruselli, P.S., M.O. Marques., L.M. Vieira., J.L. Konrad & G.A. Crudeli. 2015. Aplicación de biotecnologías para una mayor producción de terneros. *Revista veterinaria.* 26(2): 154-159. Corrientes, Argentina.
- Bastos, S.A.L., M.S. Saporski., L.K. Ernandes., R.W. Romulado., A. Abreu., M.A.B Formighieri & D.M.O. Amadori. 2016. Impact of equine chorionic gonadotropin Associated with temporary weaning, estradiol benzoate, or estradiol cypionate on timed artificial insemination in primiparous *Bos indicus* cows. *Brazilian Archives of Biology and Technology,* 59: e16150389 Doi: <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2016150389>

- Bó, G.A & L. Cutaia. 2005b. Implementación de programas de inseminación artificial en rodeos de cría. In: Memorias del VI Simposio Internacional de Reproducción Animal. Instituto de Reproducción Animal de Córdoba Argentina, pp. 326-332.
- Bó, G.A. & L. Cutaia. 2005a. Estrategias para incrementar la preñez en vacas en anestro. Manual de ganadería doble propósito. Astro-Data, Maracaibo, Venezuela, pp. 464-470.
- Bó, G.A., & P.S. Baruselli. 2014. Synchronization of ovulation and fixed-time artificial insemination in beef cattle. *Animal* 8(s1):144-150. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000822>
- Bó, G.A., E. Huguenine & A. Menchaca. 2014. Control farmacológico del ciclo estral para IATF en vacas de cría: Estado del Arte. Séptimas Jornadas Taurus de Reproducción Bovina. Consultada el 20 de Diciembre del 2020. Disponible en: <https://iracbiogen.com/admin/biblioteca/documentos/horarios%20de%20IATF.pdf>
- Bó, G.A., G.P. Adams., R.A. Pierson., H.E. Tribulo., M. Caccia & R.J. Mapletoft. 1994. Follicular wave dynamics after estradiol-17 $\beta$  treatment of heifers with or without a progestogen implant. *Theriogenology* 41(8):1555-1569.
- Bó, G.A., L. Cutaia., L.C. Peres., D. Pincinato., D. Maraña & P.S. Baruselli. 2007. Technologies for fixed time artificial insemination and their influence on reproductive performance of Bos Indicus cattle. *Soc. Reprod Fertil Suppl.* 64:223-236.
- Bó, G.A., P.S. Baruselli., D. Moreno., L. Cutaia., M. Caccia., R. Tríbulo., H. Tríbulo & R.J. Mapletoft. 2002. The control of follicular wave development for selfappointed embryo transfer programs in cattle. *Theriogenology* 57:53-72
- Bridges, G.A., L.A. Hesler, D.D. Grum, M.L. Mussard, C.L. Gasser & M.L. Day. 2008. Decreasing the interval between GnRH and PGF2 $\alpha$  from 7 to 5 days and lengthening proestros increases timed-IA pregnancy rates in beef cow. *Theriogenology* 69:843-851.
- Bueno, L. Ángel 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.

- Buxade, Carlos. 1995. Zootecnia bases de producción animal. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España, 341 pp.
- Calderón, C.R., C.R.R Calderón., A.U. Ríos., M.B. Montañó., J.L. Lagunes & V.E.M. Vega-Murillo. 2016. Análisis productivo y reproductivo de vacas Bos Taurus x Bos Indicus de doble propósito en clima subtropical húmedo. *Revista Científica*. 26(4): 239-246.
- Campos, T.J., F. Morotti., L.B. Zamparone, C.C. Bortoliero & M.S. Marcondes. 2016. Pregnancy rate evaluation in lactating and non-lactating Nelore cows subjected to fixed-time artificial insemination using injectable progesterone Semina: *Ciências Agrárias*. 37(4):1991-1996.
- Campos, T.J., L.S.R. Marinho., P.A. Lunardelli., F. Morotti & M.M. Seneda. 2013. Resynchronization of estrous cycle with eCG and temporary calf removal in lactating Bos Indicus cows. *Theriogenology* 80(6):619-623.
- Castellanos, F., C.S. Galina., J.A. Orihuela., R.N. Fierro & R. Mondragón. 1997. Estrous expresión in dairy cows and heifers (Bos taurus) following repeated PGF $2\alpha$  injection and choice of selecting a mounting partner. *Applied Animal Behaviour Science*. 51(1-2):29-37.
- Cavaliere, J., I. Rubio., J.E. Kinder., K.W. Entwistle & L.A Fitzpatrick. 1997. Synchronization of estrus and ovulation and associated endocrine changes in Bos indicus cows. *Theriogenology* 47(4):801-814.
- Colazo, G. M. 2014. Protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en Bos Taurus. In conferencia: Nuevas Biotécnicas reproductivas utilizadas en la producción de ganado bovino, At Santo Domingo, Ecuador. Consultada el 20 de Diciembre del 2020: <https://www.researchgate.net/publication/262106065>
- Crepaldi, G. A., B.G. Freitas, M.F. Sá Filho & B.M. Guerreiro. 2014. Reproductive efficiency of Nelore females submitted to three consecutive FTAI programs with 32 days of interval between inseminations. *Anim Reprod*. In: Proceedings of the 28th Annual Meeting of the Brazilian Embryo Technology Society (SBTE) Natal, 11 (3) pp. 355. (Abstract).
- Cunningham. 2014. Fisiología veterinaria. 5ta ed. EL SEVIER. Barcelona, España. 439 pp.

- Cutaia, L., G. Veneranda., R. Tribulo., 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. V Simposio Internacional de Reproducción Animal. Huerta Grande, Córdoba; pp. 119-132.
- Delgado, P.A.M., N.R. Cuélla., C.M.G. Sánchez & E.C.C. Rojas. 2011. Dinámica folicular en la vida reproductiva de la hembra bovina. *Revista Veterinaria y Zootecnia (On Line)* 5(2):88-99.
- Durán. E., A. Ruiz & V. Sánchez. 2018. Competitividad de la ganadería de doble proposito en la costa de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 43(1345-2019-052) 77-88. Doi: <http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.281299>
- Espinal, A. G., & B.E. García. 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.
- Espinoza, V.J.L., A.L. Amador., A.P. Espinosa., R.O. Pérez., N.A. Serrano & B.M Amador. 2007. Efecto de toro sobre el comportamiento estral de vacas chinampas (*Bos taurus*) en una región tropical seca. *Zootecnia Tropical* 25(1):19-28.
- Espinoza, V.J.L., A.P. Espinosa., R.O. Pérez., A.G. Trujillo & E.M. Hirales. 2021. Inseminación artificial a tiempo fijo y reinseminación de vacas para carne tratadas con y sin gonadotropina coriónica equina. *Nova Scientia. Revista de investigación de la Universidad De La Salle Bajío*.13(27). pp.1-20. Doi: <https://doi.org/10.21640/ns.v13i27.274>
- Feola, N., V. Panizza & J. Ponce de León. 2018. Comparación de dos programas de manejo reproductivo en vaquillonas de carne, utilizando inseminación a tiempo fijo en forma seriada o inseminación a tiempo fijo más repaso con toros. Tesis Doctorado. Universidad de la Republica. Montevideo, Uruguay.
- Fernández, C. B. L. 2009. Reproducción aplicada en el ganado lechero. 2da. Trillas, México.

- Fernández, D.A. & N. Villegas. 2002. Efecto de la administración de eCG o Benzoato de estradiol asociados a PGF2 $\alpha$  sobre la fertilidad de vacas Hereford de baja condición corporal destetadas precozmente. *Agrociencia* 6(2):33-36.
- Fernández, F.J.A., R.R.J. Arieta., C.P. Tadeo., A.J.F. González & V.O. Ramírez. 2017. Porcentaje de concepción en vacas Bos Indicus utilizando sincronización de estro e inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). *Revista Electrónica de Veterinaria* 18(11): pp.1-7. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63653574017.pdf>
- Fernández, S. M. 2008. El ciclo estral de la vaca. Ed. Servet, España, 271 pp.
- Ferreira, M.C.N., R. Miranda., M.A. Figueiredo., O.M. Costa & H.B. Palhono. 2013. Impacto da condição corporal sobre a taxa de prenhez de vacas da raça nelore sob regime de pasto em programa de inseminação artificial em tempo fixo (IATF). *Semina: Ciências Agrárias*. 34(4):1861-1868.
- Flores, S.M.V., C.J. Herrera & M.J.C. Tinoco. 2018. Desempeño reproductivo en vacas lecheras sincronizadas con y sin ciproionato de estradiol. *Livestock Research for Rural Development*. 30(34). Consultada el 15 de Dic del 2021 en: <http://www.lrrd.org/lrrd30/2/josh30034.html>
- Frandsen, R.D. & T.L. Spurgeon. 1995. Anatomía y fisiología de los animales domésticos. 5ta. Ed., McGraw-Hill. México. pp. 527.
- Galina, C.S. & J. Valencia. 2008. Reproducción de los animales domésticos. Limusa 3ª Edición 6. pp. 582.
- Galina, C.S., A. Orihuela & I. Rubio. 1993. Behavioral characteristics of zebu cattle with emphasis on reproductive efficiency. In: Files MJ y Sand RS (Ed). *Factors Affecting Calf Crop*. CRC .Press., pp. 347-394. Boca Raton, Florida, USA.
- García, A.F., M.B. Rabaglino & M.B. Toretta. 2017. Resincronización 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. *Revista Electrónica Veterinaria*. 18(10):1 12. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63653470028>

- 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.
- Garnica, M.F.P. 2012. Efecto de la Gonadotropina Coriónica equina (eCG) en la ovulación con protocolos de la IATF en vacas Holstein postparto. Tesis de Maestría. Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Giraldo, G.J.J. 2008. Sincronización y resincronización de celos y de ovulaciones en ganado de leche y carne. Revista lasallista de investigación 5(2):90-101.
- Gómez, S.S. 2021. Respuesta reproductiva por efecto del tiempo de presincronización en vacas doble propósito sincronizadas y resincronizadas con progesterona. Tesis de Maestría. Universidad del Mar. Puerto Escondido, Oaxaca.
- González, M.T., C.C. Escobar & S. Reyes. 2017. Comportamiento sexual de novillas Brahman en el trópico bajo mediante control farmacológico del estro. Revista colombiana de Ciencia Animal 9(S1):85-92.
- González, M.T., E.R. Valencia., L.A.H. García., E.P. Manrique & C.B. Hurtado. 2010. Comportamiento sexual de vacas Brahman en una región del Caribe Colombiano. Oriniquia 14(2):168-177.
- Guáqueta, H. 2009. Ciclo estral: fisiología básica y estrategias para mejorar la detección de celos. Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, 56(III):163-183. Consultada 28 de Febrero de 2022. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=407639221003>
- Guerrero, H.L.J., P.P. Hernández., S.L. Ortiz., P.M. Palacios., A.E. García & C.A Aguirre. 2011. Sincronización del estro con PGF2 $\alpha$  y conducta estroal en vacas criollo lechero tropical. Archivos de Zootecnia 60(231):829-832.
- Guevara, F.O.F. 2008. Evaluación de un programa de sincronización y resincronización de celos en vacas lecheras con anestro post parto. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Zamorano. Zamorano, Honduras.

- Hafez, E.S. & E.B. Hafez. 2002. Reproducción e inseminación artificial en animales domésticos. 7a ed. Interamericana McGraw-Hill. México. 532 pp.
- Hernández, J.C. 2016. Estro y servicio. En: Hernández JC. Fisiología clínica de la reproducción de Bovinos lecheros. Vol. 1. Universidad Autónoma de México. Cd. de México. 172 pp.
- Jaskowski, J.M., M. Gehrke., M. Herudzinska., B.M. Jaskowski & K.P. Brüßow. 2019. Resynchronisation as and element of improving cattle reproduction efficiency. *Revista de Investigación Veterinaria* 63(1):107-115.
- King, G. J. 1990. Sexual behaviour in cattle. En: Studies of reproductive efficiency of cattle using RIA techniques. International Atomic Energy Agency. Vienna, Austria. pp 59-66.
- King, G. J. 1993. Reproduction in domesticated animals. World Animal Science. El Servier, Amsterdam The Netherlands. pp 590.
- Landaeta, A.J.H., J.V. Yelich., W. Lemaster., M.J. Fields., T. Tran, J.C.C. Chase., D.O Rae & P.J. Chenoweth. 2002. Environmental, genetic and social factors affecting the expresión of estrus in beef cows. *Theriogenology* 57(4):1357-1370.
- Layme, C.P.P. & J.A. Màlaga. 2019. Efecto de GnRH en la tasa de concepción y niveles de progesterona en vacas inseminadas a celo natural. *Revista de investigación de la escuela de posgrado* 8(3):1164-1172.
- Lucy, M.C., Y.J. Billings., W.R. Butler., L.R. Ehnis., M.J. Frields., D.L.Kesler., J.E. Linder., R.C. Mattos., R.E. Short., W.W. Theatcher., R.P. Wettemann., J.V. Yelich & H.D. Hafs. 2001. Efficacy of an intravaginal progesterone insert and an injection of PFG2 $\alpha$  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.
- Lugo, L.S., C.J. Hernández & L.L. López. 1999. Función del cuerpo lúteo formando a partir de la ovulación de un folículo dominante persistente, en vaquillas Holstein tratadas con dispositivos intravaginales de liberación de progesterona (CIDER-B). *Veterinaria México* 30(1):95-98.

- Mapletoft, R.J., M.F. Martínez., M.G. Colazo & J.P. Kastelic. 2003b. The use of Controlled Internal Drug Release Devices for the Regulation of Bovine Reproduction. *Journal Animal Sciences* 81(2):28-36.
- Mapletoft, R.J., M.G. Colazo., M.F. Martínez & J.P. Kastelic. 2003a. Esteres de estrógeno para la sincronización de la emergencia de la onda folicular y la ovulación en animales tratados con dispositivos con progesterona. In: *Proceedings of the V International Symposium of Animal Reproduction*, IRAC: 27-29 June. Córdoba, Argentina. pp. 55-67.
- Maquivar, M., C.S. Galina., & A. Orihuela. 2002. Cows treated with Synchronate B may cluster their sexual behaviour independent of follicular growth at the time of oestrus. *Physiology & Behavior* 76(2):199-203.
- 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 Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Edo de México. pp 5-9.
- Mayorga, S.D.S., I.P.O. Yáñez., & R.F.B. Díaz. 2020. Protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo con diferentes inductores de la ovulación en vacas criollas. *Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal* 4(3):63-70.
- Medalha, A.G., M.I.L. Souza., De A.S. Souza., O.G de Sá Filho., V.L.D. Queiroz & L.C.C. da Costa Filho. 2015. Utilização do dispositivo intravaginal de progesterona, em até três usos, para inseminação artificial em tempo fixo de fêmeas Bos Indicus. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 16(2):458-469
- Medrano, E.A., O. Hernández., C. Lamothe & C.S. Galina. 1996. Evidence of asynchrony in the onset of signs of oestrus in zebu cattle treated with a progestogen ear implant. *Research in Veterinary Science* 60(1): 51-54.
- Mejía, B.G.T., J.G. Magaña., J.C. Segura., R. Delgado & R.J.L. Estrada. 2010. Comportamiento reproductivo y productivo de vacas Bos Indicus, Bos Taurus y sus cruces en un sistema de producción vaca: Cría en Yucatán, México. *Tropical and subtropical Agroecosystems* 12:289-301.

- Melo, W.O., J.A.T. Souza., A.K.S. Elias., I.J. Rocha., E.J. Conceição., J.J.M. Martínez., R. Valarelli & J.R.S. Torres. 2011. Oestradiol and prostaglandin on conception rate of fixed-time inseminated nellore cows. Arch. Zootec. 60(230):305-308.
- Meneghetti, M. & J.L.M. Vasconcelos. 2008. Mês de parição, condição corporal e resposta ao protocolo de inseminação artificial em tempo fixo em vacas de corte primíparas. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia 60(4):786-793.
- Minitab, Inc. 2018. Minitab® 18 Statistical Software. Minitab, Inc., State Collage, PA, USA. (Computer software) <https://www.minitab.com/es-mx/>
- Moncada, H.M. 2019. Respuesta a protocolo de sincronización de estro con progesterona o prostaglandinas en vacas y vaquillas doble propósito. Tesis de Maestría. Universidad del Mar. Puerto Escondido, Oaxaca.
- Munro, P.K. 1987. Factors affecting oestrus response and calves rates following 7-day intravaginal progesterone treatment of cattle. Austr. Vet. J. 64(6):192-194.
- 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.
- Olivera, F.A., I.C. Almeida., J.M.P. Filho & C.A.A Torres. 2020. Estradiol and GnRH on ovulation induction for estrus synchronized crossbred cows. Revista Caatinga 33(3):815-823.
- Pedroso, S.R. 2007. Resincronización del servicio de hembras bovinas inseminadas en el trópico. Sitio Argentino de Producción Animal. 1-16 pp. Consulta el 19 de Abril del 2021: [https://produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/inseminacion\\_artificial/112-resincronizacion.pdf](https://produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/112-resincronizacion.pdf)
- Pennington, J.A., J.L. Albright., M.A. Dieckman & C.J Callahan. 1985. Sexual activity of Holstein cows: Seasonal effect. Journal of Dairy Science 68(11):3023-3030.
- Peralta, J.A.T., J.R.A. López., F.G.C. Castro & J.G.M. Monforte. 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.

- Peralta, J.A.T., N.F.O. Robertos & J.C.S. Correa. 2021. Ovulations synchronization protocols and factors associated with pregnancy rate of zebu females. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 24(3). Pp 1-7 Disponible en: <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/3728>
- Pereira, M.H.C., M.C. Wiltbank & J.L.M. Vasconcelos. 2016. Expression of estrus improves fertility and decreases pregnancy losses in lactating dairy cows that receive artificial insemination or embryo transfer. *Journal of Dairy Science* 99(3):2237-224.
- Quíntela, L.A., C. Díaz., P.G. Herradón., A.I. Peña & J.J. Becerra. 2006. *Ecográfica y reproducción en la vaca*. Universidad de Santiago de Compostela. España. 92 pp.
- Ramírez, L.N.J., F.B.V. Rosales., J.A. Martínez & E.S. Beloso. 2006. Grupos sexuales activos en vacas posparto de ganadería bovina mestiza de doble propósito. *Zootecnia Tropical* 24(3):281-295.
- Rangel, L. 2018. Cap.7. Ciclo estral. Pp. 104-124. In: Rangel, P.L. & Hernández, M.J.H. *Fisiología reproductiva de los animales domésticos*. Universidad Nacional Autónoma de México. CD. de México.
- Ranger, J., J.A. Espinosa., C. de Pablos-Heredero., C. Barba., A. Velez., J. Rivas & A. García. 2017. Adopción de innovaciones y prácticas organizativas de manejo, alimentación y reproducción en pequeñas unidades de producción de vacunos de doble propósito en México. *Revista Científica*. Universidad de Zulia. 27(1).44-55. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/316934086\\_Adoption\\_of\\_innovations\\_and\\_organizational\\_practices\\_in\\_management\\_animal\\_feeding\\_and\\_reproduction\\_in\\_dual-purpose\\_bovine\\_of\\_small\\_farms\\_in\\_Mexico](https://www.researchgate.net/publication/316934086_Adoption_of_innovations_and_organizational_practices_in_management_animal_feeding_and_reproduction_in_dual-purpose_bovine_of_small_farms_in_Mexico)
- Roller, F., & R. Pedroso. 2015. Comparación de dos procedimientos para la resincronización del estro de vacas inseminadas, previamente tratadas por anestro. *La Técnica* (14):50-55.
- Ruíz-Sesma, B., J.G. Herrera-Haro., R.I. Rojas-Martínez., P. Mendoza-Nezar., H. Ruiz-Sesma & H. Ruiz-Hernández. 2021. Caracterización del sistema doble propósito bovino y evaluación reproductiva de toros en el estado de Chiapas. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 8(II) 1-10..Doi: <https://doi.org/10.19136/era.a8nII.2811>

- Sánchez, M.N.F., J.H. Camacho & J.C.T. Magaña. 2018. Desempeño reproductivo en vacas lechera sincronizada con y sin cipionato de estradiol. Departamento de Producción Animal. Universidad Nacional de Agricultura. Fecha de consulta el 04 de Noviembre de 2021. <https://lrrd.cipav.org.co/lrrd30/2/josh30034.html>
- Santos, D.H.A. 2021. Respuesta reproductiva a la presincronización y resincronización en ganado bovino doble propósito sincronizado con progestágenos. Tesis de Maestría. Universidad del Mar. Puerto Escondido, Oaxaca.
- SAS 2003. SAS User's Guide (reléase 9.0) Statistic SAS Inst. INC., Cary. North Caroline, USA
- Seguin, B. 1987. Control of the reproductive cycle in dairy cattle. In: Proceedings of the Annual Meeting of the Society for Theriogenology. Austin Tx. USA. Al: Society for theriogenology. pp. 300-308.
- Senger, P.L. 2003. Cap. 7. Reproductive cyclicity, the luteal phase. Pp. 188-213. Pathways to pregnancy and parturition. 2<sup>nd</sup> revised edition. Washington, USA.
- Sepúlveda, N. & E. Rodeo. 2003. Comportamiento sexual durante el estro en vacas lecheras. *Interciencia* 28(9):500-503.
- Serrano, N. Á., A.P. Espinosa., J.A. Ledezma., M.C. Escobar., J.E. Villavicencio., M.G. Jiménez & E.S. Bernal. 2014. Efecto de resincronización sobre tasa de preñez en vacas doble propósito sincronizadas con CIDR. Memoria de la xxiv reunión internacional sobre producción de carne y leche en climas cálidos, 643. Consultado el 01 de Marzo del 2022: <https://www.researchgate.net/publication/269404033>
- 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., M.J. Hernán., H.C Galina., G.A. Villa., A.H.R. Vera & G.S. Romo. 2008. Reutilización de un dispositivo liberador de progesterona (CIDR-B) para sincronizar el estro

en un programa de transferencia de embriones bovinos. *Técnica Pecuaria México* 46(2):119-135.

Soto, R.C., C.S. Galina., G.I. Rubio., G.E. Castillo & C.H. Basurto. 1999. Efecto de la suplementación alimenticia, condición corporal y sincronización del estro sobre la actividad de monta en vaquillas Brahman en pastoreo. *Revista Facultad de Agronomía (LUZ)* 16(6):663-676.

Sumano, L.H.A & Ocampo, C.L. 2006. *Farmacología Veterinaria*. 3ra ed. Ed. Mc Graw Hill. Pp. 1092.

Vallejo, T.D.A., R.Y.A. Muñoz., V.C.A. Chaves., M.J.M. Astaíza & M.C.J. Benavides. 2017. Sincronización de la ovulación en bovinos utilizando gonadotropina coriónica equina con amamantamiento restringido y sin este. *Revista de Medicina Veterinaria* (34):83-91.

Vences-Pérez. J., C.G. Martínez-García., E. Morales-Almaraz., B. Albarrán-Portillo., A.A. Rayas-Amor., J.F. Vázquez-Armijo & A. García-Martínez. 2021. Análisis socioeconómico y tendencias de desarrollo de la ganadería doble proposito en trópico seco. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 24(2): pp. 1-10 Disponible en: <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/2785>

Webb, C., C.S Galina., R. Molina., M. Maquivar & S. Estrada. 2004. Efecto de dos tipos de destete y la aplicación de un progestágeno sobre la fertilidad en vacas cebuínas (*Bos indicus*) *Archivos de Medicina Veterinaria* 36(2):147-154.

Yáñez, D.O.A., I. Barbona., J.C.L. Parra & P.R. Marini. 2021. Protocolo J-Synch con y sin eCG en vacas Brown Swiss y sus cruzas con *Bos indicus* en la Amazonía Ecuatoriana. *La Granja Revista de Ciencias de la Vida* 33(1):8-20.

Yáñez, D.O.A., J.C.P. López., J.C.T. Moyano., R.O.P. Quinteros & P.R. Marini. 2018. Inseminación artificial a tiempo fijo en vacas con proestro prolongado de 60 y 72 horas. *Agronomía Mesoamericana* 29(2):1-12.

Zarco, L. 2018. Cap.17. Manipulación del ciclo estral. Pp. 284-303. In: Rangel, P.L. & Hernández, M.J.H. Fisiología reproductiva de los animales domésticos. Universidad Nacional Autónoma de México. Cd. de México.