

**Evaluación de dos protocolos de sincronización de celo a término fijo en hembras bovinas
mestizas**

Omar Augusto Jerez Flórez

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA-UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE-
ECAPMA
Programa de Zootecnia
CEAD Bucaramanga**

2020

**Evaluación de dos protocolos de sincronización de celo a término fijo en hembras bovinas
mestizas**

Omar Augusto Jerez Flórez

**Proyecto de investigación presentado como opción de grado para optar por el título de
Zootecnista**

Director del proyecto

Edwin Manuel Páez Barón

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA-UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE-
ECAPMA**

Programa de Zootecnia

CEAD Bucaramanga

2020

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	11
1. Planteamiento del Problema	13
2. Justificación	15
3. Objetivos	17
3.1 Objetivo General	17
3.2 Objetivos Específicos.....	17
4. Revisión de Literatura.....	18
4.1 Fisiología reproductiva de la hembra bovina.....	18
4.1.1 Control hormonal del ciclo	18
4.2 Ciclo estral	19
4.2.1 Fases del ciclo estral	20
4.3 Detección y caracterización del estro	22
4.4 Signos del Celo	23
4.5 Sistema de puntuación asignado al comportamiento estral	24
4.6 Factores que afectan el comportamiento y expresión del celo	25
5. Materiales y Métodos.....	26

5.1 Área Geográfica	26
5.2 Población y muestra	27
5.3 Tratamientos	28
5.4. Análisis Estadístico	30
6. Resultados y Discusión	30
6.1. Tasas de preñez	3130
6.1.1 Relación entre días abiertos y número de preñeces	34
6.1.2 Relación condición corporal y número de preñeces	37
6.1.3 Tasa de preñeces en relación con la edad	39
6.1.4 Costos de los tratamientos (T1 y T2)	37
6.2 Discusión.....	40
Conclusiones	50
Recomendaciones	52
Referencias Bibliográficas	53

Lista de Tablas

	pág.
Tabla 1. <i>Porcentaje de preñez de los protocolos de Inseminación Artificial a Tiempo fijo con prostaglandina (PGF2α) y gonadotropina coriónica equina (eCG)</i>	30
Tabla 2. <i>Días abiertos vs tasa de preñez (T₁ y T₂).....</i>	34
Tabla 3. <i>Días abiertos vs tasa de preñez (T₁).....</i>	35
Tabla 4. <i>Días abiertos vs tasa de preñez (T₂).....</i>	35
Tabla 5. <i>Condición corporal vs tasa de preñez</i>	375
Tabla 6. <i>Edad vs tasa de preñez.....</i>	39
Tabla 7. <i>Costos de los tratamientos (T₁ y T₂)</i>	40

Lista de Figuras

	pág.
<i>Figura 1.</i> Ubicación geográfica	26
<i>Figura 2.</i> Número de vacas preñadas vs días abiertos.....	37

Resumen

La presente investigación se realizó en la granja San Rafael del municipio de Piedecuesta, en el departamento de Santander, zona de producción de ganado bovino de doble propósito. El objetivo del estudio fue evaluar la eficiencia de dos protocolos de sincronización de celo mediante la determinación de la tasa de preñez en vacas mestizas, basados en la utilización de dispositivos intravaginales de liberación lenta de progesterona (Sincrogest®), con y sin la aplicación de prostaglandina ($PGF_{2\alpha}$), al día ocho (8) al momento del retiro de los DIB, bajo condiciones similares.

Se seleccionaron 30 vacas mestizas lecheras de condición corporal media entre 3,5 y 4,0, en escala de 1 a 5, obtenidas de cruces entre las razas: Simmental, Holstein Friesian y Gyr, entre 100 y 130 días postparto, las cuales fueron distribuidas aleatoriamente en dos tratamientos (T_1 y T_2).

En el tratamiento 1 (T_1), el día cero (0), se realizó la inserción del dispositivo intravaginal de liberación lenta de progesterona (Sincrogest®), junto a la aplicación de 2 mg (2 ml.) de benzoato de estradiol vía intramuscular. Al día octavo (8) fue retirado el dispositivo y se aplicó 400 U.I. de gonadotropina coriónica equina-eCG, equivalente a dos (2) ml de Novormon® vía intramuscular. En el día noveno (9) se aplicó 1 mg de benzoato de estradiol (1 ml) vía intramuscular y al día décimo (10), entre las 30-32 horas después de aplicada la segunda dosis de benzoato de estradiol se efectuó la inseminación artificial.

En el tratamiento 2 (T_2), el día cero (0), se realizó la inserción del dispositivo intravaginal (Sincrogest®), junto a la aplicación de 2 mg (2 ml.) de benzoato de estradiol vía intramuscular. Al

día octavo (8) fue retirado el dispositivo y se aplicó 400 U.I. de gonadotropina coriónica equina-eCG, equivalente a 2 ml de Novormon® vía intramuscular, junto a la aplicación de 0,150 mg de cloprostenol (prostaglandina ($\text{PGF}_2\alpha$) de origen sintético), equivalente a 2 ml de Prostal®. En el día noveno (9) se aplicó 1 mg de benzoato de estradiol (1 ml) vía intramuscular y al día décimo (10), entre las 30-32 horas después de aplicada la segunda dosis de benzoato de estradiol se efectuó la inseminación artificial.

Los resultados evidenciaron que los animales del tratamiento 2 (T_2), a los cuales se les administró una dosis de prostaglandina ($\text{PGF}_2\alpha$) en el protocolo, tuvieron una mayor tasa de preñez (73%), entendida como la cantidad de animales preñados sobre el total de animales inseminados; siendo esta mayor respecto del lote de animales del tratamiento 1 (T_1), el cual tuvo una tasa de preñez del 60%. Para la variable edad de las vacas, se encontró que tuvo influencia en la tasa de preñez para los tratamientos. En cuanto a la condición corporal se observó que los animales con una condición corporal de 4 (Escala 1 a 5) presentaron mejores porcentajes de preñez para los dos tratamientos. De otra parte, las hembras con menor número de días abiertos posparto, mostraron un leve incremento en la tasa de preñez respecto a las hembras de mayor número de días abiertos.

Palabras clave: inseminación artificial a término fijo (IATF), inducción de celo, tasa de preñez.

Abstract

This research was carried at the San Rafael farm in Piedecuesta municipality, in Santander department, a cattle production dual-purpose area. The study aim was to evaluate the efficiency of two heat synchronization protocols by determining the pregnancy rate in crossbred cows, based on the use of intravaginal slow release progesterone devices (Sincrogest®), with and without the prostaglandin (PGF₂α) application, at day eight (8) at the time of DIB withdrawal, under similar conditions.

30 crossbreed dairy cows with a mean body condition of 3,5 to 4,0, on a scale of 1 to 5, obtained from crosses between the breeds: Simmental, Holstein Friesian and Gyr, between 100 and 130 postpartum days, were selected randomly distributed in two treatments (T1 and T2).

In treatment 1 (T₁), on day zero (0), the intravaginal slow-release progesterone device (Sincrogest®) was inserted, together with the 2 mg (2 ml.) estradiol benzoate intramuscularly application. On the eighth day (8), the device was removed and 400 I.U. equine chorionic gonadotropin-eCG, equivalent to two (2) ml intramuscularly Novormon®. On the ninth day (9), 1 mg of estradiol benzoate (1 ml) was applied intramuscularly and on the tenth day (10), between 30-32 hours after the second dose of estradiol benzoate was applied, artificial insemination was carried out.

In treatment 2 (T₂), on day zero (0), the intravaginal device (Sincrogest®) was inserted, together with the application of 2 mg (2 ml.) intramuscular estradiol benzoate. On the eighth day (8), the

device was removed and 400 I.U. equine chorionic gonadotropin-eCG, equivalent to 2 ml intramuscularly Novormon®, together with the application of cloprostenol (prostaglandin (PGF₂α) of synthetic origin) 0,150 mg, equivalent to 2 ml of Prostal®. On the ninth day (9), 1 mg of estradiol benzoate (1 ml) was intramuscularly applied and on the tenth day (10), between 30-32 hours after the estradiol benzoate second dose was applied, artificial insemination was carried out.

The results reported that the animals in treatment 2 (T₂), to which a dose prostaglandin (PGF₂α) dose was administered in the protocol, had a higher pregnancy rate (73%), understood as the pregnant animals number over the inseminated animals total number; this being higher with respect to the batch treatment 1 animals, which had a pregnancy rate of 60%. For the age cows variable, it was found that it had an influence on the pregnancy rate for the treatments. Regarding the body condition, it was observed that the animals with 4 body condition (Scale 1 to 5) presented better pregnancy rates for the two treatments. On the other hand, females with fewer days open postpartum showed a slight increase in the pregnancy rate compared to females with a greater number of days open.

Keywords: fixed time artificial insemination (IATF), heat induction, pregnancy rate.

Introducción

La ganadería bovina es un renglón económico importante, en el año 2019 aportó un 1,6% al producto interno bruto (PIB) de Colombia (Coneo, 2019), a pesar de esto, hace falta incorporar en mayor medida las tecnologías existentes, para aumentar los índices de productividad y rentabilidad. Diversos factores han limitado el rápido desarrollo de la ganadería bovina a nivel nacional, entre ellos se puede señalar, la baja implementación de programas de reproducción y mejoramiento genético en los sistemas productivos, poco personal calificado en la detección de celos, mala nutrición, manejo inadecuado de los hatos, entre otros. Todos estos factores afectan notoriamente la vida y eficiencia reproductiva de los animales.

Para hacer más eficientes los sistemas productivos bovinos, entre otras acciones, se debe implementar un plan nutricional acorde a los requerimientos del hato e igualmente aplicar técnicas como: la inseminación artificial, detección de calores y regulación de ciclos estrales mediante protocolos de inducción con terapias hormonales, logrando de este modo mejorar el proceso reproductivo del hato ganadero.

Otro aspecto fundamental para la eficiencia reproductiva de una ganadería es la reducción de los días abiertos en vacas postparto, dado que el rendimiento de un hato ganadero depende del porcentaje de parición anual, ya que la eficiencia se mide con base en la cantidad de crías nacidas durante un año. Los objetivos de los propietarios de los sistemas de producción bovina en el trópico, incluyen mejorar la eficiencia reproductiva, complementándola con terapias hormonales,

orientadas a optimizar la sincronización de celos, para tratar de obtener tasas de preñez altas que le permitan aumentar los ingresos económicos y con ello mejorar la rentabilidad del sistema.

Lograr que las vacas queden preñadas en el menor tiempo posible postparto, supone más producción de leche y menos desechos por problemas reproductivos y, para esto, es preciso conocer la fisiología del ciclo estral de la vaca y los mecanismos hormonales que lo regulan.

En la medida que el uso de tratamientos hormonales se va implementando en los sistemas ganaderos bovinos, es fundamental tener en cuenta el costo y la eficiencia de preñez que arroje cada protocolo, para utilizar aquel que genere mejores resultados, con criterios de rentabilidad y eficacia.

1. Planteamiento del Problema

La ganadería bovina en Colombia es uno de los principales sectores que impulsan la economía del sector agropecuario, aportando el 21,8% del PIB agropecuario, adicionalmente, a nivel pecuario, es el sector de mayor aporte al mismo, representando el 48,7% del PIB pecuario. Este sector genera cerca de 810 mil empleos directos que representan el 6% del empleo nacional y el 19% del empleo agropecuario (FEDEGAN, 2018), lo que evidencia la importancia del sector ganadero bovino a nivel nacional, constituyendo uno de los sectores tradicionales que impulsan la economía a nivel regional.

A nivel productivo y reproductivo en la ganadería bovina, el manejo en muchos casos es tradicional, con escasa integración de técnicas y tecnologías para mejorar la productividad, en este sentido, en la mayoría de los casos se manejan programas a nivel reproductivo basados en la observación e identificación de celo y procesos de monta natural o inseminación artificial bajo celo detectado. Si los procesos de detección de celo no son desarrollados de manera adecuada, puede traer consigo el aumento de los días abiertos, lo cual se traduce en pérdidas a nivel productivo y reproductivo.

Se han desarrollado diferentes herramientas para el mejoramiento de la eficiencia del hato, como las técnicas de biotecnología reproductiva, entre las cuales se encuentran: inseminación artificial, sincronización de celo, transferencia de embriones, fertilización *in vitro*, entre otros, sin embargo, su utilización aún es muy baja en la mayoría de los sistemas de producción ganadera bovina.

2. Justificación

Piedecuesta es un municipio localizado en el departamento de Santander, con una altura de 1005 m s.n.m, temperatura promedio de 23°C, una extensión de 344 Km² y a una distancia de 17 km de Bucaramanga. Según datos del ICA (2018), la población ganadera es de aproximadamente 17.046 bovinos, lo que representa un sector de importante aporte a la economía local. Sin embargo, se requiere mejorar la gestión a través de la incorporación de herramientas y técnicas para mejorar la productividad del sector.

Como se mencionó anteriormente, la ganadería bovina en Colombia representa uno de los principales sectores que aportan a la economía del sector agropecuario, con un 21,8% del PIB agropecuario, por lo cual es necesario, mejorar los procesos productivos para incrementar la eficiencia reproductiva y la rentabilidad de la empresa ganadera, en este sentido, algunas de las herramientas de gran utilidad, están representadas por las técnicas de biotecnología reproductiva, entre las cuales se encuentran la inseminación artificial y la sincronización de celo, siendo estas las de mayor difusión en el país y que contribuyen a mejorar la eficiencia reproductiva de los sistemas de producción ganadero bovino. La falla en la detección de celos puede causar el incremento de los días abiertos, y con ello el intervalo entre partos, trayendo consigo pérdidas a nivel económico y baja eficiencia y productividad de la unidad ganadera, para disminuir estas pérdidas, se han implementado protocolos de sincronización de celo e inseminación a tiempo fijo, los cuales permiten el control del ciclo estral para la realización de los procesos de inseminación de forma programada. Existen diversos protocolos de sincronización de celo, los más utilizados

son aquellos que hacen uso de progestágenos, en combinación con prostaglandina ($\text{PGF}_2\alpha$), estrógenos y en algunos casos, gonadotropina coriónica equina-eCG.

Los protocolos tienen resultados variables, ya que dependen de factores propios de cada región, individuo y unidad productiva. El objetivo de este estudio fue evaluar las tasas de preñez obtenidas con dos protocolos de sincronización del celo, basados en el uso de progestágenos, con y sin la inclusión de prostaglandina f_2 alfa ($\text{PGF}_2\alpha$).

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Evaluar la tasa de preñez de vacas mestizas sometidas a dos protocolos de sincronización de celo bajo condiciones de trópico colombiano.

3.2 Objetivos Específicos

- Evaluar la tasa de preñez obtenidas con los dos protocolos de sincronización de celo.
- Determinar el efecto de variables como la condición corporal y la edad respecto a la tasa de preñez.

4. Revisión de Literatura

4.1 Fisiología reproductiva de la hembra bovina

4.1.1 Control hormonal del ciclo

En el período de la pubertad, el aparato reproductor de la hembra bovina presenta varios cambios los cuales son producidos por efectos hormonales. En hembras no gestantes los cambios ocurren en un período de 17 a 24 días, siendo 21 días el promedio, a este período se le conoce como ciclo estral, el cual está regulado por varios órganos, por el hipotálamo-hipófisis, el ovario y el útero (Hafez y Hafez, 2002).

En el hipotálamo se produce la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), la cual actúa sobre las células de la hipófisis anterior (adenohipófisis) estimulando la producción y la secreción de las hormonas hipofisarias, una de ellas es la hormona folículo estimulante (FSH), que ayuda al crecimiento y maduración folicular, la otra es la hormona luteinizante (LH), que participa en la ovulación, formación y mantenimiento del cuerpo lúteo. Otra hormona producida en el hipotálamo es la oxitocina, la cual interviene en el transporte de los espermatozoides en el útero, luteólisis, procesos de parto y bajada de la leche (Cunningham y Klein, 2017; Larson y Ball, 1992; Odde, 1990).

La FSH y la LH cumplen funciones relacionadas con el control neuroendocrino del ciclo estral, la primera contribuye al proceso de esteroideogénesis ovárica, crecimiento y maduración del folículo, mientras que la segunda contribuye al proceso de esteroideogénesis ovárica, ovulación y

desarrollo del cuerpo lúteo (Hansen, 2019; Foote, 1996; Sintex, 2005). Estas hormonas son secretadas en el torrente sanguíneo y son reguladas por los sistemas tónico y cíclico. El sistema tónico produce el nivel basal circulante presente en hormonas hipofisarias, las cuales promueven el desarrollo endocrino de las gónadas.

En los ovarios se producen tres hormonas: los estrógenos, que tienen diversos efectos, a nivel del sistema nervioso central estimulan la conducta de celo y en el hipotálamo ejercen un "feed back" negativo sobre el centro tónico y positivo sobre el centro cíclico, la progesterona, producida en el cuerpo lúteo, que ayuda a preparar el útero para implantar el embrión y mantener la gestación; y finalmente, la inhibina que interviene en la regulación de la secreción de FSH (Cunningham y Klein, 2017; Hafez y Hafez, 2002; Ginther, *et al.*, 1989).

La progesterona se produce en el cuerpo lúteo y su efecto se evidencia después que el tejido blando ha estado expuesto a la acción de los estrógenos, esto genera un efecto sinérgico sobre el cuerpo tónico. Por su parte, la inhibina es una hormona que interviene en la regulación de la secreción de FSH a nivel hipofisiario, que produce un efecto "feed back" induciendo una menor secreción de FSH (Wagner y Hansel, 1969; Garverick y Smith, 1993; Foote, 1996; Sintex, 2005).

4.2 Ciclo estral

Es el tiempo comprendido entre dos períodos de estro consecutivos, generalmente tiene una duración de 18 a 24 días, con un promedio de 21 días. Existen ciclos cortos y largos, los primeros se consideran anormales, mientras los ciclos largos (30 a 35 días) pueden ser falsos calores en

donde se indica la existencia de un celo, cuando no lo hay. Así mismo, puede ser consecuencia de alguna patología que genera mortalidad embrionaria (Fernández, 2018; Fortune, 1993).

El período de celo es corto, de 6 a 30 horas, este es el único momento en el que la vaca o novilla es receptiva al macho y permite ser montada, los cambios que muestra en el comportamiento son evidencias de la presentación del estro. Los ciclos estrales ocurren todo el año, y el primer celo ocurre a los 12 meses, dependiendo de diversos factores, entre los cuales se resaltan: el peso, la raza, la alimentación y el manejo (Cunningham y Klein, 2017; D'Enjoy et al., 2012).

El ciclo estral se inicia con el estro o celo (día 0) y concluye con el siguiente estro, comprende una serie de eventos de índole endocrina, ovárica y conductual que favorecen la ovulación, el apareamiento y la gestación. Reconocer los cambios es esencial para identificar el celo, y entre mayor sea la tasa de detección de celos, mayores posibilidades habrán de preñar vacas y novillas (D'Enjoy et al., 2012; Guaqueta, 2009).

Si en la monta natural o por inseminación artificial, se logra la fertilización, el celo se verá interrumpido por un anestro fisiológico, período de tiempo en el que cesa el celo, también se produce ese efecto en período de lactancia y crianza; la inhibición del celo, también puede ser producida por eventos patológicos como infecciones reproductivas, persistencia del cuerpo lúteo, malnutrición, o estrés, conociéndose esto como anestro patológico (Jiménez, 2016).

4.2.1 Fases del ciclo estral

El comportamiento del estro, es producido por el aumento progresivo de los niveles 17β -estradiol producido por el folículo, los cuales se complementan con los generados por el pico

ovulatorio de la hormona luteizante (LH). El ciclo estral comprende cuatro fases secuenciales: proestro, estro, metaestro y diestro, durante los cuales ocurren cambios ováricos y hormonales (Narváez y Silva, 2020; Sepúlveda y Rodero, 2003).

Fase Estrogénica, folicular o proliferativa: comprende el proestro y el estro (Monroy, 2017).

Proestro: La actividad ovárica se inicia por la lisis del cuerpo lúteo, el nivel de progesterona es bajo, el folículo preovulatorio está en crecimiento y generalmente, solo uno de los que inicio crecimiento, llegará a la ovulación, este se conoce como folículo dominante (FD), y es influenciado por acción de las hormonas FSH y LH, incrementándose la síntesis y producción de estrógenos a medida que va creciendo (Saumande y Humblot, 2005).

Estro: en esta etapa del ciclo estral, los niveles de estradiol son elevados y se secretan en abundancia por el folículo dominante, en esta fase, se manifiestan los diversos signos del celo, como la aparición del moco, inquietud y receptividad sexual, en donde la hembra intenta la monta a otras hembras del hato, y también permite ser montada. Los niveles elevados de estrógenos inducen los comportamientos y signos propios del celo, así mismo, aumentan las contracciones del tracto reproductor femenino, lo cual facilita la unión entre el óvulo y el espermatozoide.

Durante el proestro y estro se produce una sincronización en los eventos endocrinos, permitiendo que el crecimiento folicular llegue al máximo, donde se produce la ovulación, liberando al ovocito para que finalmente se pueda dar lugar al proceso de fertilización.

Fase progestacional, lútea o secretora: comprende las fases de metaestro y el diestro.

Metaestro: es el período de tres a cuatro días siguientes al celo, está condicionado por eventos endocrinos que controlan la actividad ovárica, la progesterona empieza a aumentar y las gonadotropinas a disminuir, esto sucede porque al producirse la ovulación, el folículo no produce más estrógenos, de igual forma, hay una producción creciente de progesterona que llega a ser máxima al día 7 del ciclo.

Diestro: es el período que sigue al metaestro, aproximadamente a los cinco días siguientes al celo, está influenciado por el efecto de la progesterona y del cuerpo lúteo, la hormona aumenta su concentración, a la par del crecimiento del cuerpo lúteo, alcanzando niveles máximos, en el día diez, y se mantiene elevada hasta el día 16 o 18 del ciclo. Después de esta fase, el ciclo puede derivar en continuar con el proestro para repetir el ciclo o entrar en el anestro (Góngora y Hernández, 2010). Este último, es un período de inactividad ovárica en donde no hay celo, puede deberse a condiciones fisiológicas como pre-pubertad, gestación o lactancia, o por factores externos de tipo nutricional, manejo o patológicos específicos (Morales, 2012; Monniaux et al., 1997).

4.3 Detección y caracterización del celo

La detención del celo es clave en el manejo reproductivo de la ganadería, cuando se falla en esa detección o se diagnostica erróneamente, las pérdidas económicas son cuantiosas (Saumande y Humblot, 2005; Van Vliet y Van Eerdenburg, 1996; Foote, 1975). La detección del celo afecta los

días abiertos, el intervalo entre partos y la producción de leche, además de mejorar los parámetros reproductivos que determinan la rentabilidad del sistema de producción.

Las investigaciones se han orientado a entender el comportamiento de las vacas en este periodo de actividad sexual y conocer cuál es el mejor momento para la inseminación artificial, básicamente los estudios se han centrado en el comportamiento de la vaca, en la interacción neuroendocrina, y en métodos para determinar con precisión los días de celo (Palmer et al., 2010; Roelofs et al., 2010; Heersche y Nebel, 1994; Reimers et al., 1985).

4.4 Signos del Celo

Es importante identificar los signos de celo, primarios y secundarios, para determinar con mayor precisión que realmente la vaca está en calor, como signo primario, está la monta estática, en la cual la vaca permanece quieta ante el intento de monta, signo inequívoco que está en celo, este período dura de 15 a 18 horas, aunque puede variar entre 8 y 30 horas (Roelofs et al., 2010; Senger, 1994; Appleyard, y Cook, 1976).

Los signos secundarios del celo varían en duración e intensidad y pueden ocurrir antes, durante o después del calor, por lo cual, se requiere una observación permanente, si la vaca intenta montar otras vacas, puede estar en etapa de estro o en proestro, lo cual requiere su monitoreo para determinar si es monta estática (Van Eerdenburg et al., 2010).

Otra manifestación secundaria es la descarga del moco vaginal acumulado en el período de estro. Existen casos donde no se evidencia externamente sino hasta que la vaca sea palpada en el proceso de inseminación. Se puede observar edema y congestión de la vulva por acción de los estrógenos, estos signos aparecen antes del celo y duran un breve tiempo, aunque no son signos concluyentes del estro (Diskin y Sreenan, 2000).

Otras manifestaciones indicativas de celo son los bramidos, intranquilidad y el perseguir a otras vacas para montarlas, investigaciones han mostrado el incremento de los bramidos en el periodo de celo, otros signos incluyen el olfateo de los genitales de las vacas por parte de los machos, sangrado en el metaestro y disminución en el consumo de alimentos y producción de leche, lo cual es generado por la intranquilidad y nerviosismo. Un aspecto relacionado, es la disminución transitoria de la producción de leche en esta etapa (Britt et al., 1986).

4.5 Sistema de puntuación asignado al comportamiento estral

Algunos investigadores como Ramírez et al. (2012) y Fernández et al. (2006), establecieron una tabla de puntaje para categorizar la presentación del celo, asignando a cada uno de los principales signos un valor de 0 a 100, de acuerdo a las siguientes características: descarga vaginal (3); intranquilidad y nerviosismo (5); olfateo de genitales (10); apoyo en la barbilla (15); monta no es estética (10); intento de monta (35); monta la cabeza de lado sobre otra vaca (45); y monta estática (100).

4.6 Factores que afectan el comportamiento y expresión del celo

El comportamiento y los calores de la vaca están determinados por factores propios del individuo, ambientales y humanos.

Factores de la vaca: las vacas con bajo peso ven reducido su período de celo y pueden presentar baja condición corporal, anemia, infecciones uterinas, quistes ováricos y parasitismo crónico. Algunas investigaciones han demostrado que el número de partos no afecta la presentación de calores y los resultados no son conclusivos para describir la relación del celo con los niveles de producción de leche y los días de lactancia (Senger, 1994; Murray y Giudice, 2007).

Respecto a los factores ambientales, las investigaciones han demostrado que el celo se incrementa en situaciones en donde la vaca permanece en pisos de tierra, ya que bajo condiciones de hacinamiento se ve afectado, siendo indispensable el suficiente espacio para la realización de movimientos. De otra parte, cuando la temperatura ambiental está alrededor de los 23°C la manifestación de los signos y duración del celo se incrementan y disminuyen si la temperatura es mayor a 30°C.

5. Materiales y Métodos

5.1 Área Geográfica

La investigación se realizó en la Vereda Holanda, en las instalaciones de la Granja San Rafael, ubicada en el municipio de Piedecuesta, departamento de Santander (Figura 1). Se encuentra en una terraza inclinada de la cordillera oriental a los $6^{\circ}9'73''$ de latitud norte y $73^{\circ}.03'70''$ de longitud al este del meridiano de Bogotá, se ubica a una altura de 1670 m s.n.m, con una humedad relativa del 94% y una temperatura ambiental promedio de 19°C .

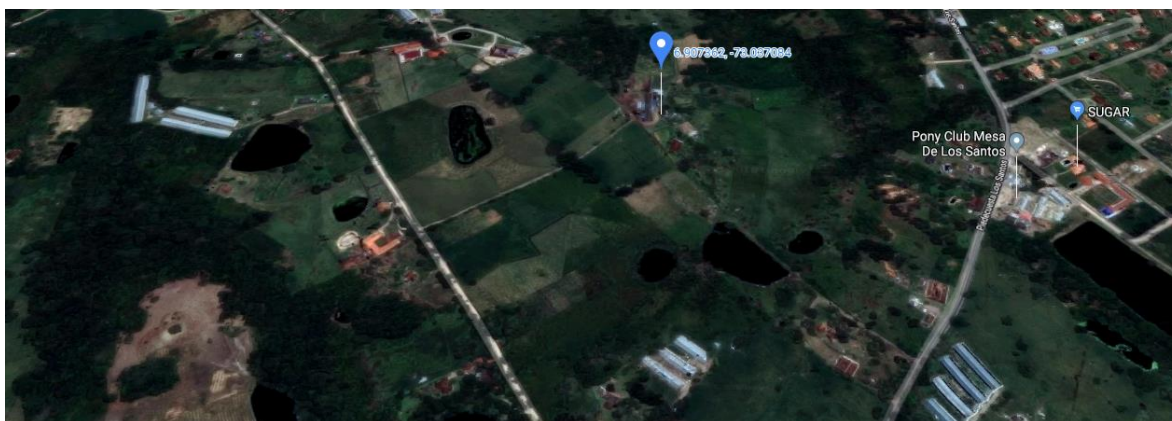


Figura 1. Ubicación geográfica

Fuente: Google Maps, 2019.

La unidad productiva utiliza como suplementos alimenticios: la torta de palmiste, melazas y sales minerales con una concentración de fósforo al 10%. Como fuente de proteína se suministra

alimento balanceado comercial y agua *ad libitum*. El pasto predominante en la granja es la estrella (*Cynodon plectostachium*) y de corte es el pasto King grass (*Pennisetum purpureum*).

Los animales se encuentran bajo un sistema semi intensivo, en donde la alimentación se basa en pastoreo y suplementación. En el establo permanecen por un tiempo de 6 horas donde se les suministra pasto de corte King grass cosechado de 60 a 65 días, punto apropiado para la mejor calidad del forraje. Teniendo en cuenta que el peso corporal promedio de cada semoviente está entre los 500 kg requiriendo un consumo del 10 y 14% de su peso corporal en forraje verde. Estas consumen un promedio de 70 kg de forraje por animal, donde se les suministra 42 kilos de forraje equivalente al 60% de la dieta, acompañado de la melaza y torta de palmiste y bloque nutricional.

Se suplementa con sal mineralizada SOMEX® al 10% a voluntad y se adiciona melaza al pasto picado y torta de palmiste, en el momento del ordeño se suministra alimento balanceado comercial en una relación 1/5; es decir, un kilo de alimento balanceado comercial por cada cinco litros de leche producidos.

Con relación al programa sanitario se les aplica vacunaciones de enfermedades de control oficial como la fiebre aftosa y brucelosis, así como otras de importancia epidemiológica a nivel de la zona, como carbón bacteridiano, carbón sintomático, y enfermedades del complejo reproductivo. Así mismo, se administran antiparasitarios de manera periódica, y se realiza la cuarentena al ingreso de semovientes nuevos provenientes de otros predios.

5.2 Población y muestra

La población estuvo conformada por cincuenta (50) vacas mestizas de doble propósito, de este grupo se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia para la selección de 30 hembras bovinas con los siguientes criterios de inclusión.

Todos los animales tenían un peso en un rango entre los 435 a 460 Kg (promedio 450 Kg), edad fisiológica de cuatro a seis años, condición corporal entre 3,5 a 4 en una escala de 1 a 5, buen estado nutricional. Se hizo control de parásitos internos y externos a todas las vacas, y se mejoró la dieta en valor energético y cantidad de minerales.

Todas las vacas fueron evaluadas a nivel ginecológico para establecer su condición reproductiva por medio de palpación rectal realizada por un profesional, en donde se determinó la morfología de las estructuras reproductivas de útero, cérvix y ovarios.

5.3 Tratamientos

Tratamiento 1

El tratamiento 1 (T₁) consistió en: día cero (0), inserción del implante intravaginal DIB (P4) de 1 mg progesterona de absorción lenta (Sincrogest®), más 2 mg de benzoato de estradiol (Sincrodiol®) equivalente a 2 ml vía intramuscular, realizado a las 7 a.m. El día octavo (8) se retiró el implante intravaginal y se aplicó 400 UI de gonadotropina coriónica equina – eCG (Novormon®) por vía intramuscular a las 7 a.m. El día noveno (9) se hizo una aplicación de 1 mg de benzoato de estradiol (Sincrodiol®) equivalente a 1 ml por vía intramuscular a las 7 a.m, y entre

30-32 horas después se realizó la inseminación artificial con pajillas (0.5 ml) de un toro de calidad comprobada.

Tratamiento 2

El tratamiento 2 (T₂) consistió en: día cero (0) la inserción del implante intravaginal DIB (P4) de 1 mg progesterona de absorción lenta (Sincrogest®), más 2 mg de benzoato de estradiol (Sincrodiol®) equivalente a 2 ml vía intramuscular, realizado a las 7 a.m. El día octavo (8) se retiró el implante intravaginal y se aplicó 0.150 mg de Prostaglandina f₂ alfa (PGF₂α) (Prostal®) equivalente a 2 ml y 400 UI de gonadotropina coriónica equina-eCG (Novormon®) equivalente a 2 ml, por vía intramuscular a las 7 a.m, el día noveno (9) se hizo una aplicación de 1 mg de benzoato de estradiol (Sincrodiol®) equivalente a 1 ml por vía intramuscular a las 7 a.m. y entre 30-32 horas después se realizó la inseminación artificial con pajillas (0.5 ml) de un toro de calidad comprobada, la preñez fue diagnosticada por medio de palpación rectal realizada por un profesional, a los 60 días post-inseminación.

Toma, análisis y procesamiento de datos

Se utilizaron para la recolección de información fuentes primarias y secundarias, los datos de fuentes primarias proceden de las mediciones efectuadas en el trabajo de campo y las secundarias a textos, artículos, tesis de grado, estudios investigativos y publicaciones especializadas sobre el tema investigado.

VARIABLES EVALUADAS

Las variables de estudio en la investigación fueron la tasa de preñez y el efecto de variables como la edad, condición corporal, número de partos y días abiertos.

5.4. Análisis Estadístico

Los datos de las tasas de preñez fueron agrupados y evaluados mediante un procedimiento de análisis de correlación con las variables de acuerdo con los objetivos propuestos para la investigación. Se determinó la asociación según la edad, condición corporal, número de partos y días abiertos.

Se utilizó el programa estadístico Statgraphics.

$$\text{Modelo } \gamma_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + E_{ij}$$

Dónde: γ_{ij} = Variables de respuesta (%P, D.A)

μ = Media poblacional.

β_i = Efecto del suministro de eCG y prostaglandina.

τ_j = Efecto sin la administración de hormonas.

E_{ij} = Error experimental

6. Resultados y Discusión

Los resultados reportan el efecto en la tasa de preñez de vacas mestizas sometidas a dos protocolos de sincronización de celo con la aplicación de prostaglandina F₂ alfa (PGF₂α) y gonadotropina coriónica equina (eCG).

6.1. Tasas de preñez

La tabla 1 presenta los porcentajes de preñez como respuesta a los protocolos de IATF donde se obtuvo un mejor valor, con un 73% de preñez para el tratamiento 2 (T₂) que incluyó la utilización de prostaglandina F₂ alfa (PGF₂α) y gonadotropina coriónica equina (eCG).

Tabla 1.

Porcentaje de preñez de los protocolos de Inseminación Artificial a Tiempo fijo con prostaglandina (PGF₂α) y gonadotropina coriónica equina (eCG)

Tratamiento 1. Vacas sincronizadas con eCG y sin inclusión de prostaglandina (PGF ₂ α)	Tratamiento 2. Vacas sincronizadas con prostaglandina (PGF ₂ α) y eCG
60%	73%

Lo anterior evidencia que el utilizar conjuntamente la gonadotropina coriónica equina-eCG y la prostaglandina F₂α (PGF₂α) en protocolos de sincronización, incrementa la tasa de preñez, y es más efectivo, que si se utiliza únicamente la gonadotropina coriónica equina (eCG).

Se determinó que la administración de $\text{PGF}_2\alpha$ junto con la eCG mejora la fertilidad, ya que permite un mejor control del ciclo estral, al causar la luteólisis se caen los niveles de progesterona a sus niveles basales y la eCG contribuye a mejorar las tasas de ovulación. Por su parte, la gonadotropina suministrada antes de la ovulación, entre otros efectos, estimula el crecimiento del folículo e incrementa la concentración de FSH y LH, favoreciendo el aumento del tamaño folicular, la concentración plasmática de progesterona, la ovulación y la mejora del desarrollo del embrión y el estado de preñez (Hafez y Hafez, 2002).

La utilización conjunta de $\text{PGF}_2\alpha$ y eCG en los protocolos de sincronización de celo, favorecen las tasas de preñez, esto debido a que eCG tiene un efecto similar a la FSH y puede estimular el crecimiento folicular y la producción de estrógenos que conduciría a una liberación preovulatoria de LH (Villa et al., 2007; Yavas y Walton, 2000), mejorando las tasas de ovulación y con ello las tasas de preñez. Una vez ocurre la ovulación se da lugar a la formación del cuerpo lúteo por acción de la LH, a partir del este se libera progesterona, la cual, entre otros efectos crea las condiciones adecuadas en el ambiente uterino para la gestación.

Esto corrobora los estudios de Cutaia (2006) y Echeverría (2006) relacionados con la revisión de la utilidad de la gonadotropina en la reproducción bovina, donde concluyen que, en los procesos de sincronización de celo, la combinación de GnRH, progesterona y $\text{PGF}_2\alpha$, permite obtener óptimos resultados. Si adicionalmente se aplica la gonadotropina, se aumenta la ovulación y mejora los índices de preñez por una mejora en la tasa de fecundación.

Es importante tener en cuenta, que la efectividad de los protocolos de sincronización dependen de diversos factores, por ello los resultados de tasas de preñez pueden verse afectadas por el

impacto de factores externos (estrés por calor) o momentos fisiológicos concretos como el posparto temprano, nutrición deficiente, baja condición corporal, anestro o incluso su uso en vacas primíparas, puede reducir drásticamente las tasas de preñez de estos animales sincronizados (Parkinson, 2019; Hansen y Fuquay, 2016).

6.1.1 Relación entre días abiertos y número de preñeces

Para los dos tratamientos (T_1 y T_2) se evaluó la relación de los días abiertos y las tasas de preñez obtenidas.

Tabla 2.

Días abiertos vs tasa de preñez (T_1 y T_2)

Total muestreo								
Días abiertos-Diagnóstico					Diagnóstico de preñez			
Li	Ls	\bar{X}	No. Vacas		Positivo		Negativo	
100	106,5	103	15	50%	11	73,3%	4	26,7%
106,5	113	110	5	17%	2	40,0%	3	60,0%
113	119,5	116	4	13%	3	75,0%	1	25,0%
119,5	126	123	6	20%	4	66,7%	2	33,3%
			30		20		10	

Li=Límite inferior

Ls= Límite superior

\bar{X} = Promedio

De acuerdo con la tabla 2 el porcentaje de preñez es mayor (73,3%), cuando el número de días abiertos es menor (100-106,5), y es en este rango en donde se ubican un 50% del total de vacas del estudio (15 de 30); a medida que el número de días abiertos se incrementa el porcentaje de preñez disminuye.

Tabla 3.

Días abiertos vs tasa de preñez (T1)

Con eCG y sin PGF2 α (T ₁)								
Días abiertos-Diagnóstico					Diagnóstico de preñez			
Li	Ls	\bar{X}	No. Vacas		Positivo		Negativo	
100	106,5	103	7	47%	5	71,4%	2	28,6%
106,5	113	110	4	27%	2	50,0%	2	50,0%
113	119,5	116	3	20%	2	66,7%	1	33,3%
119,5	126	123	1	7%	0	0,0%	1	100,0%
			15		9		6	

Li=Límite inferior

Ls= Límite superior

 \bar{X} = Promedio

Según la tabla 3, un 47% de las vacas del tratamiento 1, en el cual no se aplicó prostaglandina (PGF2 α), se ubicó en el menor rango de días abiertos (100-106,5 días) y se obtuvo un 74,1% de preñez, se corrobora que, a menor número de días abiertos, mayor es el porcentaje de preñez obtenido.

Tabla 4.

Días abiertos vs tasa de preñez (T₂)

Con eCG y PGF2 α (T ₂)								
---	--	--	--	--	--	--	--	--

Días abiertos-Diagnóstico					Diagnóstico de preñez			
Li	Ls	\bar{X}	No. Vacas		Positivo		Negativo	
100	106,5	103	8	53%	6	75,0%	2	25,0%
106,5	113	110	1	7%	0	0,0%	1	100,0%
113	119,5	116	1	7%	1	100,0%	0	0,0%
119,5	126	123	5	33%	4	80,0%	1	20,0%
			15		11		4	

Li=Límite inferior

Ls= Límite superior

\bar{X} = Promedio

Según la tabla 4, un 53% de las vacas se ubican en el menor rango de días abiertos (100-106,5), obteniéndose el mayor porcentaje de preñez (75%), frente a un 33% de las vacas que se ubican en el rango de mayor número de días abiertos (119,5-126), con un 80% de preñez. Se concluye que el mayor porcentaje de preñez se obtiene en los individuos con menos número de días abiertos. Asimismo, se tienen mayores tasas de preñez cuando se incluye prostaglandina $F_{2\alpha}$ ($PGF_{2\alpha}$) en los protocolos de sincronización de celo, según lo relacionado en la tabla 4.

En la figura 2, se presenta el número de vacas preñadas según días abiertos, para los dos tratamientos (T_1 y T_2).

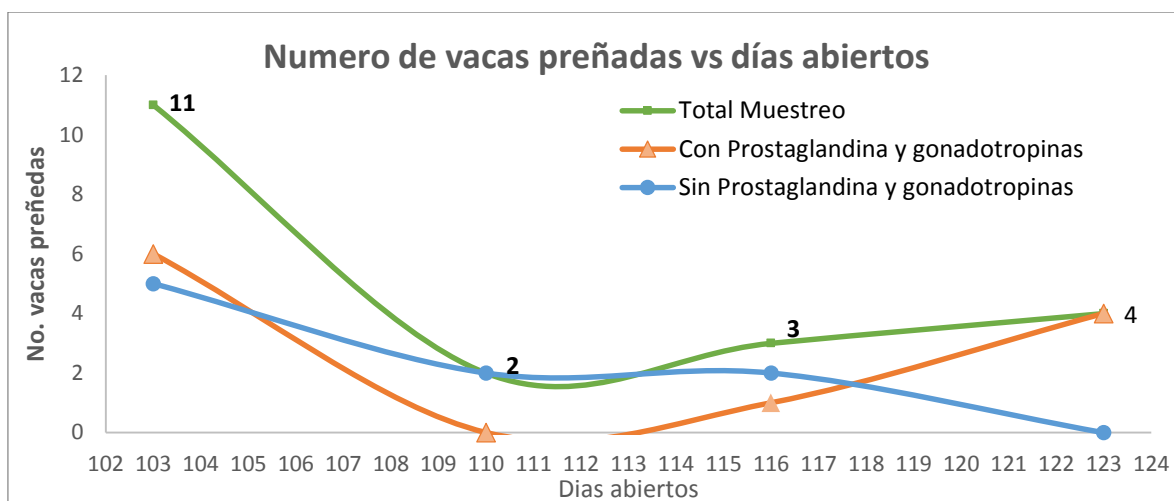


Figura 2. Número de vacas preñadas vs días abiertos

Entre menor sea el número de días abiertos, mayor es el porcentaje de preñez obtenido, con o sin aplicación de prostaglandina $F_{2\alpha}$ ($PGF_{2\alpha}$), sin embargo, se observa que cuando la gonadotropina coriónica equina (eCG) se complementa con las prostaglandinas, los niveles de preñez se mejoran, lo cual evidencia una correlación positiva entre la inclusión de eCG en los protocolos de sincronización y las tasas de preñez obtenidas.

6.1.2 Relación condición corporal y número de preñeces

Tabla 3.

Condición corporal vs tasa de preñez

Condición corporal	No. Vacas total	Total (T ₁ y T ₂)		Vacas T ₁	T ₁		Vacas T ₂	T ₂	
		Positivo	Negativo		Con eCG y sin $PGF_{2\alpha}$	Negativo		Con eCG y $PGF_{2\alpha}$	Positivo
Diagnóstico de preñez									

3,5	11	5	45,5%	6	54,5%	5	2	40%	3	60%	6	3	50%	3	50%
4	19	15	78,9%	4	21,1%	10	7	70%	3	30%	9	8	89%	1	11%

De acuerdo con la tabla 5, existe una correlación positiva entre condición corporal y tasas de preñez obtenidas, en tal sentido, para el total de los animales de los tratamientos (T₁ y T₂), a una mejor condición corporal (4), mayor es la tasa de preñez (78,9%). Comparando los dos tratamientos (T₁ y T₂) se observa una mejor respuesta en tasas de preñez en los animales del tratamiento 2. En este aspecto, para el caso del tratamiento 1, a una condición corporal (4), corresponde un porcentaje de preñez del 70%, tasa menor a la que presenta el tratamiento 2, en donde las vacas que tienen una mejor condición corporal (4), alcanzan un porcentaje de preñez del 89%.

Estudios reportados por Morrison et al. (1999), indican que el desempeño reproductivo de los bovinos y la tasa de preñez, varían según las reservas energéticas corporales totales o condición corporal (CC), esto ha sido considerado como el factor más importante que afecta el intervalo parto-estro y la tasa de preñez; las deficientes reservas energéticas pueden ser un limitante importante para la reproducción en vacas primíparas.

Por su parte, Butler y Smith (1989), reportan que una mayor demanda metabólica, observada sobre todo en animales de alta producción lechera, afecta notablemente la reproducción y las tasas de concepción, en tal sentido, un balance energético negativo que se puede observar en el primer tercio de lactancia, con la consecuente tasa de movilización de reservas corporales, se traduce en una demora en la primera ovulación postparto y en menores tasas de preñez, esto por un efecto

similar a la desnutrición, que puede manifestarse en un retraso en la actividad ovárica al afectar la secreción pulsátil de LH.

6.1.3 Tasa de preñez en relación con la edad

En la tabla 6, se relaciona la tasa de preñez, con la edad, en ambos tratamientos (T₁ y T₂).

Tabla 4.

Edad vs y tasa de preñez.

EDAD	No. Vacas total	Total (T ₁ y T ₂).					Vacas T ₁	T ₁				Vacas T ₂	T ₂			
		Diagnóstico						Con eCG sin PGF2 α					Con eCG y PGF2 α			
		Positivo	Negativo					Positivo	Negativo					Positivo	Negativo	
3	8	6	75%	2	25%	4	4	100%	0	0%	4	2	50%	2	50%	
4	12	6	50%	6	50%	9	5	56%	4	44%	3	1	33%	2	67%	
5	5	5	100%	0	0%	0	0	0%	0	0%	5	5	100%	0	0%	
6	4	3	75%	1	25%	1	0	0%	1	100%	3	3	100%	0	0%	

De acuerdo con la tabla 6, en términos generales, el mayor número de vacas (12) tiene cuatro años; le siguen las que tienen tres años (8 vacas), seguidas por las de cinco (5 vacas) y seis años (4 vacas) respectivamente. En el grupo de cuatro años, un 50% presentó preñez; todas las vacas de cinco años presentaron preñez. En el tratamiento 1 (sin PGF2 α), todas las vacas de 3 años presentaron preñez y para las de 4 años el porcentaje de preñez fue del 56%. En el tratamiento 2 (con PGF2 α), las mayores tasas de preñez se dan en las edades de 5 años (100%) y 6 años (100%). Se concluye que en el tratamiento 2, hay una correlación positiva entre edad y tasas de preñez, en tal sentido, a mayor edad se presenta mayor tasa de preñez.

De acuerdo con los resultados de la tabla 6, el mayor número de vacas preñadas se da entre las que tiene 3 y 4 años de edad; para el grupo de vacas del tratamiento 1 (sin $\text{PGF}_2\alpha$), se tiene mayor tasa de preñez a los 3 y 4 años, a diferencia del grupo de vacas del tratamiento 2 (con eCG y $\text{PGF}_2\alpha$), en donde se observa un mayor número de preñeces en los animales entre los 5 y 6 años. Se evidencia así que existe variabilidad en la relación entre número de vacas preñadas y edad, entre los dos grupos; sin embargo, esto puede estar relacionado con la presencia de un mayor número de animales de menor edad en el grupo del tratamiento 1.

En términos generales si aumenta la cantidad de partos disminuye la tasa de preñez; los animales con mejor condición corporal (4) presentaron mayor tasa de preñez, y entre menos días abiertos mayor es la tasa de preñez.

6.1.4 Costos de los tratamientos (T_1 y T_2)

A continuación, se señalan los costos de los equipos y elementos necesarios en cada uno de los tratamientos del estudio (T_1 y T_2).

Tabla 5.

Costos de los tratamientos (T_1 y T_2)

Sin Prostaglandina y Gonadotropinas (Protocolo 1)				Con Prostaglandina y Gonadotropinas (Protocolo 2)			
Materiales Sincronización	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total	Materiales Sincronización	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Dispositivo Intravaginal Bovino	30	\$ 25.000	\$ 750.000	Prostaglandina cloprostenol de 20 ml	2	\$ 70.000	\$ 140.000
Aplicador plástico	1	\$ 40.000	\$ 40.000	Dispositivo Intravaginal Bovino	30	\$ 25.000	\$ 750.000
Jeringas desechables de 3ml	90	\$ 500	\$ 45.000	Aplicador plástico	1	\$ 40.000	\$ 40.000
Agujas desechables	30	\$ 100	\$ 3.000	Jeringas desechables de 3ml	120	\$ 500	\$ 60.000
Benzoato de Estradiol frasco de 50 ml	2	\$ 40.000	\$ 80.000	Agujas desechables	30	\$ 100	\$ 3.000
Hormona liberadora de las gonadotropinas GnRH 5000 UI	3	\$ 160.000	\$ 480.000	Benzoato de Estradiol frasco de 50 ml	2	\$ 40.000	\$ 80.000
				Hormona liberadora de las gonadotropinas GnRH 5000 UI	3	\$ 160.000	\$ 480.000
SUBTOTAL			\$ 1.398.000	SUBTOTAL			\$ 1.553.000

Materiales Inseminación	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total	Materiales Inseminación	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Pistola de inseminación artificial	1	\$ 250.000	\$ 250.000	Pistola de inseminación artificial	1	\$ 250.000	\$ 250.000
Funda plástica por paquetes	1	\$ 15.000	\$ 15.000	Funda plástica por paquetes	1	\$ 15.000	\$ 15.000
Sobre funda higiénica	1	\$ 10.000	\$ 10.000	Sobre funda higiénica	1	\$ 10.000	\$ 10.000
Corta pajillas	1	\$ 50.000	\$ 50.000	Corta pajillas	1	\$ 50.000	\$ 50.000
Termómetro para líquidos	1	\$ 25.000	\$ 25.000	Termómetro para líquidos	1	\$ 25.000	\$ 25.000
Termo descongelador de pajillas	1	\$ 80.000	\$ 80.000	Termo descongelador de pajillas	1	\$ 80.000	\$ 80.000
Termo transportador de pajillas	1	\$ 250.000	\$ 250.000	Termo transportador de pajillas	1	\$ 250.000	\$ 250.000
Servilletas por paquetes	1	\$ 2.000	\$ 2.000	Servilletas por paquetes	1	\$ 2.000	\$ 2.000
Mangas plásticas por paquetes de 50 unidades	2	\$ 25.000	\$ 50.000	Mangas plásticas por paquetes de 50 unidades	2	\$ 25.000	\$ 50.000
Pajillas convencionales	30	\$ 90.000	\$ 2.700.000	Pajillas convencionales	30	\$ 90.000	\$ 2.700.000
Cuaderno de notas	1	\$ 5.000	\$ 5.000	Cuaderno de notas	1	\$ 5.000	\$ 5.000
Lapiceros	2	\$ 2.000	\$ 4.000	Lapiceros	2	\$ 2.000	\$ 4.000
SUBTOTAL			\$ 3.441.000	SUBTOTAL			\$ 3.441.000

Mano de obra	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total	Mano de obra	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Diagnóstico de preñez	15	\$ 10.000	\$ 150.000	Diagnóstico de preñez	15	\$ 10.000	\$ 150.000
Inseminación	15	\$ 50.000	\$ 750.000	Inseminación	15	\$ 50.000	\$ 750.000
Chequeo reproductivo	15	\$ 15.000	\$ 225.000	Chequeo reproductivo	15	\$ 15.000	\$ 225.000
SUBTOTAL			\$ 1.125.000	SUBTOTAL			\$ 1.125.000
TOTAL			\$ 5.964.000	TOTAL			\$ 6.119.000

De acuerdo con la tabla 7, el tratamiento 2 (con eCG y PGF_{2α}), tiene un costo ligeramente mayor al tratamiento 1 (sin PGF_{2α}), pero este aumento en el costo del tratamiento se ve compensado con la obtención de una tasa de preñez del 73% (T₂), superior a la tasa de preñez del 60% obtenida en el tratamiento 1 (T₁), lo cual hace recomendable su implementación en los sistemas de producción ganadera bovina.

6.2 Discusión

Los resultados de este estudio reportan que la tasa de preñez del tratamiento 2, en el cual se incluyó el uso de PGF_{2α}, fue de un 73%; lo cual guarda relación con la investigación desarrollada por Bello et al. (2006), quienes comprobaron mayores índices de fertilidad (preñez), utilizando un protocolo de presincronización con PGF_{2α} y GnRH en bovinos, esta mejor respuesta se da como resultado del efecto luteolítico ejercido por la PGF_{2α}, lo cual influye en mejores tasas de ovulación,

situación que también señalan Lemaster et al. (2001); este mismo aspecto fue estudiado posteriormente en vacas en anestro por Ozturk et al. (2009), los cuales reportan un índice de preñez de 72%, sugiriendo que este protocolo que incluyen $\text{PGF}_{2\alpha}$, se puede utilizar efectivamente en vacas en ciclo de anestro. McDougall (2010) señala que el uso de protocolos de sincronización del estro con inclusión de $\text{PGF}_{2\alpha}$ y GnRH puede contribuir en una concepción más temprana, sin embargo, no tiene ningún efecto en la tasa de preñez final. Por otra parte, Ahuja et al. (2005), reportan mayores tasas de preñez en animales con protocolos que incorporan $\text{PGF}_{2\alpha}$ y GnRH, datos similares a los obtenidos en el T₂, lo cual sugiere un beneficio en la incorporación de la $\text{PGF}_{2\alpha}$ en los programas de sincronización de celo.

Los mejores resultados en tasas de preñez obtenidos en el tratamiento que hace uso de $\text{PGF}_{2\alpha}$ al momento del retiro del dispositivo intravaginal, pueden estar relacionados al aseguramiento del efecto luteolítico que produce esta hormona (Bó et al., 2009), eliminando así la fuente de progesterona interna representada por el cuerpo lúteo, la cual puede ejercer el efecto de retroalimentación negativa a nivel hipotalámico, inhibiendo la liberación de GnRH y consecuentemente la frecuencia pulsátil de las hormonas FSH y LH, esta última encargada de inducir la ovulación del folículo dominante. Sin embargo, es necesario tener en cuenta lo planteado por Bó et al. (2009), quienes señalan que la madurez del cuerpo lúteo (CL) en el momento del tratamiento con $\text{PGF}_{2\alpha}$ tiene influencia directa en la respuesta luteolítica, y se ha podido observar que la $\text{PGF}_{2\alpha}$ no induce la luteólisis de manera efectiva durante los primeros 5 a 6 días después del celo, ya que el cuerpo lúteo no está lo suficientemente maduro para que la $\text{PGF}_{2\alpha}$ pueda ejercer

su efecto luteolítico de manera satisfactoria, lo cual puede afectar las tasas de ovulación y de preñez obtenidas.

Así mismo, estudios han reportado que vacunos sincronizados con protocolos que incluyen $PGF_{2\alpha}$, pueden mejorar su fertilidad, a partir del aumento de la secreción y los niveles de FSH y LH a nivel del eje hipotálamo hipofisiario, aumentando las ondas foliculares ovulatorias y por ende un incremento en las tasas de preñez (Wilson et al., 1997; Cruz et al. 2011; Crowe et al., 2018; Stevenson, 2001, Yaniz y López, 2006).

Otro factor que puede explicar que el tratamiento 2 sea más eficaz, es que la $PGF_{2\alpha}$, actúa como hormona luteolítica, induciendo la degeneración del cuerpo lúteo, por su parte la hormona LH, en alta concentración induce la formación y mantenimiento inicial del cuerpo lúteo, se parte del hecho, de que el día 7 del ciclo ya existe un cuerpo lúteo maduro que es susceptible a la $PGF_{2\alpha}$, si el óvulo es fecundado, el cuerpo lúteo se mantiene, se afirma igualmente que son necesarios un mínimo de 54 a 58 pulsos en un período para que la luteólisis sea completa.

Un aspecto a resaltar es que la sincronización del ciclo estral se ha incorporado como un procedimiento alternativo al proceso de detección del celo que, aunque es económica; en la mayoría de los casos no ha permitido unificar los períodos en un tiempo determinado que facilite el conformar grupo de animales sexualmente activos (GSA), que permitan identificar de manera clara los animales en celo, así como la limitante que se tiene de implementar la inseminación artificial en un término fijo mediante procesos de detección de celo natural (Cox et al., 1999).

El uso de protocolos hormonales que sincronizan la ovulación combinadas con la inseminación artificial a término fijo (IATF) aplicada a ganado bovino, maximizan el potencial reproductivo

(Vasconcelos et al., 1999), la literatura reporta que el uso de diferentes protocolos de IAFI y la administración de $\text{PGF}_{2\alpha}$, en una o varias dosis, permite obtener elevadas tasas de preñez en bovinos, gracias al efecto luteolítico ejercido por esta hormona (Bisinotto et al., 2010).

La tasa de preñez obtenida cuando se complementa la eCG con la $\text{PGF}_{2\alpha}$, del 73%; es superior a la reportada por Ochoa et al. (2019), quien desarrolló una investigación donde obtuvo una tasa de preñez del 51,6% cuando se administró solo una dosis de prostaglandina y del 61,2% cuando suministraron dos dosis; este mismo aspecto fue comprobado por el estudio de Cox et al. (1999) y por González y Ruiz (1979) quienes comprobaron que la $\text{PGF}_{2\alpha}$ es efectiva para lograr una mayor proporción de animales gestantes en los primeros días del período del periodo reproductivo post periodo de espera voluntario. En este mismo estudio realizado por Ochoa et al. (2019), en el cual se administró una y dos dosis de prostaglandina, se encontró que a menor edad del vacuno (≤ 5) el porcentaje de preñez es mayor, si solo se suministra una dosis de prostaglandina, y si se administran dos dosis la tasa de preñez se incrementa después de los cinco años. Twagiramungu et al. (1995) obtuvieron tasas de preñez entre 65 y 85% en protocolos de sincronización basados en el uso de gonadotropinas, resultados que son similares a los obtenidos en el estudio, lo cual sugiere que el uso de gonadotropinas, contribuye a mejorar las tasas de ovulación y preñez por medio de su efecto sobre la liberación de FSH y LH a nivel hipofisiario.

Una relación positiva entre una mejor condición corporal y mayores tasas de preñez es reportada por Ochoa et al. (2019), en su estudio encontraron tasas de preñez del 72,2% cuando se administró dos dosis de prostaglandina, lo cual concuerda con la tasa del 73% encontrada en este estudio; cuando la condición corporal no es adecuada (menor de 3), la tasa de preñez se reduce

significativamente (46,2%). Asimismo, De Feu et al. (2009), Yavas y Walton (2000), Beam y Butler (1999), Richards et al. (1986) señalan que la relación entre el balance energético diario y la actividad reproductiva posparto se confirma con intervalos más largos hasta la primera ovulación en vacas con mayor pérdida de condición corporal, lo cual coincide con los datos obtenidos en la investigación, en donde se observó una menor tasa de preñez en animales con menor condición corporal. En este mismo aspecto, Crowe (2008), Montiel y Ahuja (2005) señalan que una baja condición corporal relacionada con una mala nutrición, constituye en un factor que influye en la reanudación de los ciclos ováricos posparto, ya que afectan la actividad hipotalámica, pituitaria y ovárica y, por lo tanto, inhiben el desarrollo folicular, lo que se manifiesta en baja eficiencia reproductiva, lo anterior coincide con lo observado en el estudio en donde de evidencio que hay una menor tasa de preñez a menor condición corporal, lo cual afecta la eficiencia reproductiva del sistema.

Igualmente, un estudio realizado en Estados Unidos reportó que las vacas con mayor producción de leche tienen la mayor incidencia de infertilidad, pero los estudios epidemiológicos sugieren que, además de la producción de leche, otros factores probablemente están disminuyendo la eficiencia reproductiva de los hatos lecheros (Lucy, 2001), aspectos que son respaldados por los estudios realizados por Selk et al. (1988), Beal et al. (1978), Spitzer et al. (1978) y Hill et al. (1970) quienes señalan que las concentraciones de progesterona sérica periférica son bajas en novillas y vacas con baja condición y bajo suministro energético. Así mismo, Selk et al. (1988) señalan que a menor condición corporal pueden aumentarse los días abiertos, lo cual va a afectar directamente la eficiencia reproductiva del hato.

Un problema básico reportado por Fortune et al. (1991), Fortune (1994); Thatcher, et al. (1994) en los esquemas de sincronización de estro, es la falta del control total a los cambios ocurridos en la dinámica folicular, lo cual no permite tener un adecuado control sobre el intervalo entre el tratamiento de sincronización y la ovulación. Fortune (2014) señala que solo los folículos dominantes seleccionados entre los folículos reclutados crecen hasta alcanzar un tamaño ovulatorio o casi ovulatorio, sin embargo, se desconoce qué mecanismo determina cuáles folículos se vuelven dominantes, lo cual impide un control total de los cambios ocurridos en el proceso de dinámica folicular. En este aspecto, Fortune et al. (1991) señalan que los mecanismos que regulan la selección folicular y la dominancia en rumiantes domésticos no se conocen bien, lo cual puede llegar a afectar los procesos de ovulación, y tal como lo señala Evans (2003), es necesario comprender el patrón de desarrollo de los folículos en diferentes especies para así poder diseñar métodos mejorados para manipular y el control del proceso reproductivo. Estos aspectos coinciden con los datos obtenidos en el estudio, en donde se evidenció que el tratamiento 2 que incluye la eCG en combinación con la $PGF_{2\alpha}$, contribuye a un mayor control de los cambios ocurridos en el ciclo y por ende mayores tasas de preñez.

De acuerdo a los resultados, el protocolo que utiliza la $PGF_{2\alpha}$, incrementa los costos por el valor de la dosis aplicada, sin embargo, esto se traduce en mejoramiento de los resultados obtenidos en cuanto a eficiencia reproductiva, lo que se traduce en mayores beneficios económicos al productor. Datos similares fueron obtenidos en el estudio realizado por Heuwieser et al. (1997), quienes evaluaron diferentes protocolos de sincronización de celo con $PGF_{2\alpha}$, donde se incrementó la eficiencia en la detección de celos del 55% en el grupo control al 85% en los tratamientos, lo

cual hace rentable el costo de 10 dólares por dosis (aproximadamente 30 mil pesos colombianos) aplicada. Este aspecto económico el corroborado por Lopes et al. (2013) y por Stevenson et al. (2008) en donde pudo comprobar que la implementación de protocolos de sincronización de celo con inclusión de $\text{PGF}_2\alpha$, genera menores costos por preñez frente a los animales no tratados.

Conclusiones

Los procedimientos de sincronización del celo demostraron que es posible controlar la fase folicular y luteal del ciclo estral, se elimina así la necesidad de detectar el celo por inseminación artificial. El uso del protocolo con prostaglandina F₂ alfa (PGF₂α), reporta resultados positivos en el aumento del índice de preñez en vacas mestizas doble propósito bajo condiciones de trópico colombiano, esto debe complementarse con el mejoramiento de la condición corporal (CC), supervisión y monitoreo del ciclo de celo, manejo integral nutricional y control epidemiológico, vacunación y desparasitaciones periódicas.

Se determinó que la inclusión de PGF₂α en los protocolos de sincronización de celo para inseminación a tiempo fijo, bajo las condiciones del estudio, mejoran las tasas de preñez obtenidas, lo cual puede ser explicado por un mayor control de los cambios ocurridos en el ciclo estral.

Los protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) que utilizan dispositivos con prostaglandinas (PGF₂α), en animales *Bos indicus* y *Bos taurus* (mestizos), bajo condiciones de trópico favorecen el desempeño reproductivo, debido a su efecto sobre la lisis del cuerpo lúteo hacia el final del ciclo del diestro, favoreciendo la frecuencia de las pulsaciones de la hormona luteinizante (LH), el crecimiento folicular y la ovulación.

Los protocolos de IATF evaluados en el presente trabajo permitieron utilizar un método biotecnológico reproductivo exitoso, que se puede complementar con factores como: prácticas de manejo (amamantamiento restringido); caracterización de condición corporal; selección de hormonas y uso adecuado en cantidad, calidad y tiempo; además de tener en cuenta variables

como: ciclo animal, edad, número de partos, que permiten optimizar el grado del uso de los parámetros zootécnicos que tienen gran impacto en los sistemas de producción ganadera doble propósito en el trópico colombiano.

Los costos económicos del protocolo que incluye $\text{PGF}_{2\alpha}$ (T_2) son superiores a los del protocolo que no lo incluye (T_1), sin embargo, este valor superior, se ve compensado por las mayores tasas de preñez obtenidas con el protocolo, lo cual se puede traducir en un mejoramiento de la productividad, eficiencia y con ello la rentabilidad del sistema productivo.

El uso de protocolos para sincronización de celo para inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) con la inclusión de $\text{PGF}_{2\alpha}$ y eCG en animales *Bos indicus* y *Bos taurus* (mestizos), bajo condiciones de trópico, constituyen una alternativa de manejo reproductivo que puede incrementar los porcentajes de preñez obtenidos.

Recomendaciones

Implementar el uso de prostaglandina ($\text{PGF}_{2\alpha}$) en protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo, en sistemas de producción bovino, con el propósito de incrementar la tasa de preñez.

Es necesario profundizar en la evaluación de experiencias en donde se han implementado protocolos de IATF, en producciones bovinas en confinamiento, con otras variedades genéticas y de razas, diferentes a las que contempló el estudio.

De igual forma, se requiere evaluar los resultados e implementación del uso de estos protocolos a tiempo fijo en el efecto en variables como: categoría del parto (primíparas y multíparas), edad y condición corporal en predios con explotaciones de bovinos diferentes a las hembras mestizas evaluadas en el presente estudio.

Para mejorar la eficiencia reproductiva de las explotaciones ganaderas y obtener mejores rendimientos es necesario implementar prácticas de manejo eficaces como: selección, manejo integral del ganado, los recursos y los suelos, programas de vacunación (complejo respiratorio, brúcela, clostridiosis, aftosa, entre otras, acorde a la zona e incidencia de patógenos); desparasitaciones periódicas respaldadas por exámenes de laboratorio, una nutrición balanceada y la implementación de biotecnologías reproductivas acordes a la capacidad de adquisición.

Es pertinente evaluar otros protocolos de sincronización a la IATF bajo condiciones del trópico colombiano con el fin de mejorar los indicadores reproductivos, bajo la anuencia y supervisión de profesionales idóneos en las diferentes áreas de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Referencias Bibliográficas

- Ahuja, C., Montiel, F., Canseco, R., Silva, E. y Mapes, G (2005). Pregnancy rate following GnRH + PGF 2alpha treatment of low body condition, anestrous Bos taurus by Bos indicus crossbred cows during the summer months in a tropical environment. *Anim Reprod Sci.* 87(3-4):203-13.
- Appleyard, W. y Cook, B. (1976). The detection of oestrus in dairy cattle. *The Veterinary Record.* 99(13):253-256.
- Beal, W., Short, R., Staigmiller, R., Bellows, R., Kaltenbach, C. y Dunn, T. (1978). Influence of dietary energy intake on bovine pituitary and luteal function. *Journal of animal science.* 46(1):181-188.
- Beam, S. y Butler, W. (1999). Effects of energy balance on follicular development and first ovulation in postpartum dairy cows. *J Reprod Fertil Suppl.* 54(1):411-424.
- Bello, N., Steibel, J., Pursley, J. (2006). Optimizing ovulation to first GnRH improved outcomes to each hormonal injection of ovsynch in lactating dairy cows. *J Dairy Sci.* 89(9):3413-3424.
- Bisinotto, R., Ribeiro, E., Martins, L. Marsola, R., Greco, L., Favoreto, M., Risco, C., Thatcher, W. y Santos, J. (2010). Effect of interval between induction of ovulation and artificial insemination (AI) and supplemental progesterone for resynchronization on fertility of dairy cows subjected to a 5-d timed AI program. *Journal of Dairy Science.* 93(12): 5798-5808.
- Bó, G., Cutaia, L., Souza, A. y Baruselli, E. (2009). Actualización sobre protocolos de IATF en bovinos de leche utilizando dispositivos con progesterona. *Taurus, Bs. As.* 11(41):20-34.

- Britt, J., Scott, R., Armstrong, J. y Whitacre, M. (1986). Determinants of estrous behavior in lactating Holstein cows. *Journal of dairy science*. 69(8):2195-2202.
- Butler, W. y Smith, R. (1989). Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *J Dairy Sci*. 72(3):767-83.
- Cox, J., Contreras, V., Letelier, N., Saravia, F., Santa María, A., Lobos, A. y Recabarren, S. (1999). Sincronización de estros con GnRH y Prostaglandina F2a en vacas Holstein Friesian en confinamiento. *Archivos de medicina veterinaria*. 31(1):19-25.
- Coneo, M. (2019). Conmemoración anual al sector que aporta 1,6% al PIB nacional, los ganaderos. *Agronegocios*.
- Crowe M., Hostens M. y Opsomer G (2018). Reproductive management in dairy cows - the future. *Ir Vet J*. 8(71):1.
- Crowe, M. (2008). Resumption of ovarian cyclicity in post-partum beef and dairy cows. *Reprod Domest Anim*. 43(5):20-8.
- Cruz, C., Raymundo, D., Cerva, C., Saulo P., Dalto, A., Corbellini, L. y Driemeier, D. (2011) Records of performance and sanitary status from a dairy cattle herd in southern Brazil. *Pesq. Vet. Bras*. 31(1):01-09.
- Cunningham, J. y Klein, B. (2017). *Fisiología Veterinaria*. Madrid: Elsevier, Saunders. 421.
- Cutaia, L. (2006). Inseminación artificial a término fijo (IATF): Una herramienta para el manejo genético. Instituto de Reproducción Animal Córdoba; Universidad Católica de Córdoba.
- Recuperado de http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/60-ia_a_tiempo_fijo.pdf

- De Feu, M., Evans, A., Lonergan, P. y Butler S. (2009). The effect of dry period duration and dietary energy density on milk production, bioenergetic status, and postpartum ovarian function in Holstein-Friesian dairy cows. *J Dairy Sci.* 92(12):6011-6022.
- D'Enjoy, D., Cabrera, P., Vivas, I. y Díaz, T. (2012). Dinámica folicular ovárica durante el ciclo estral en vacas brahman / Ovarian Follicular Dynamics During the Estrous Cycle in Brahman Cows. *Revista de La Facultad de Ciencias Veterinarias.* 53(1):39-47.
- Diskin, M. y Sreenan, J. (2000). Expression and detection of oestrus in cattle. *Reproduction Nutrition Development.* 40(5):481-491.
- Echeverría, J. (2006). Endocrinología Reproductiva: Prostaglandina F2a en vacas. Revisión bibliográfica. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria,* 7(1):1-12.
- Evans A. (2003) Characteristics of ovarian follicle development in domestic animals. *Reprod Domest Anim.* 38(4):240-6.
- FEDEGAN (2018). *Cifras de referencia del sector ganadero colombiano.* Federación Colombiana de Ganaderos
- Fernández, M. (2018). *El ciclo estral de la vaca.* Editorial Madrid: Servet
- Fernández, M., Pérez, M. y Sánchez, A. (2006). *Determinación de la intensidad y conducta de celo en vacas en ordeño y vaquillonas Holando.* [Trabajo de grado, Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Veterinaria]. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/19325>
- Foote, R. (1996). Review: Dairy Cattle Reproductive Physiology Research and Management—Past Progress and Future Prospects, *Journal of Dairy Science.* 79(6):980-990.

- Foote, R. (1975). Estrus detection and estrus detection aids. *Journal of Dairy Science*. 58(2):248-256.
- Fortune, J. (1994). Ovarian follicular growth and development in mammals. *Biol Reprod*. 50(2):225-32.
- Fortune, J. (1993). Follicular dynamics during the bovine estrous cycle: a limiting factor in improvement of fertility?. *Animal Reproduction Science*. 33(1-4):111-125.
- Fortune, J., Sirois, J., Turzillo, A. y Lavoie, M. (1991). Follicle selection in domestic ruminants. *J Reprod Fertil Suppl*. 43(1):187-98.
- Garverick, H. y Smith, M. (1993). Female reproductive physiology and endocrinology of cattle. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*. 9(2):223-247.
- Ginther, O., Kastelic, J. y Knopf, L. (1989). Composition and characteristics of follicular waves during the bovine estrous cycle. *Animal Reproduction Science*. 20(3):187-200.
- Góngora, A. y Hernández, A. (2010). La reproducción de la vaca se afecta por las altas temperaturas ambientales. *rev.udcaactual.divulg.cient*. 13(2):163-173.
- González, E. y Ruiz, R. (1979). Utilización de prostaglandina f2 α para sincronizar el estro en bovinos. *Técnica pecuaria*. 1.
- Guaquetá, H. (2009). Ciclo estral: fisiología básica y estrategias para mejorar la detención de celo. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*. 56(3):163-183.
- Hafez, E.S.E. & Hafez, B. (2002). *Reproducción e Inseminación Artificial en Animales*. Ed. McGrawHill Interamericana, Séptima edición,

- Hansen, P. (2019). Reproductive physiology of the heat-stressed dairy cow: implications for fertility and assisted reproduction. *Animal Reproduction*. 16(3):497-507.
- Hansen, P. y Fuquay, J. (2016). Stress in Dairy Animals—Heat Stress: Effects on Reproduction. *Reference Module in Food Science*. Elsevier. 1:567-574.
- Heersche, G. y Nebel, R. (1994). Measuring efficiency and accuracy of detection of estrus. *J Dairy Sci*. 77(9):2754-61.
- Heuwieser W., Oltenacu, P., Lednor, A. y Foote R. (1997). Evaluation of different protocols for prostaglandin synchronization to improve reproductive performance in dairy herds with low estrus detection efficiency. *J Dairy Sci*. 80(11):2766-2774.
- Hill Jr, J., Lamond, D., Henricks, D., Dickey, J. y Niswender, G. (1970). The effects of undernutrition on ovarian function and fertility in beef heifers. *Biology of reproduction*. 2(1): 78-84.
- ICA (2018). Instituto Colombiano Agropecuario. *Ganadería bovina en Colombia*. Datos y cifras.
- Jiménez, A. (2016). Manejo hormonal del ciclo estral. *Entorno Ganadero*. 77, BM Editores
- Larson, L. y Ball, P. (1992). Regulation of estrous cycles in dairy cattle: a review. *Theriogenology*. 38(2):255-267.
- Lemaster, J., Yelich, J., Kempfer, J., Fullenwider, J., Barnett, C., Fanning, M. y Selph, J. F. (2001). Effectiveness of GnRH plus prostaglandin F2 α for estrus synchronization in cattle of *Bos indicus* breeding. *Journal of animal science*. 79(2):309-316.
- Lopes, G., Johnson, C., Mendonça, L., Silva, P., Moraes, J., Ahmadzadeh, A., Dalton, J. y Chebel, R. (2013). Evaluation of reproductive and economic outcomes of dairy heifers inseminated

- at induced estrus or at fixed time after a 5-day or 7-day progesterone insert-based ovulation synchronization protocol. *J Dairy Sci.* 96(3):1612-1622.
- Lucy, M. (2001). Reproductive Loss in High-Producing Dairy Cattle: Where Will It End?. *Journal of Dairy Science.* 84 (6):1277-1293.
- McDougall, S. (2010). Effects of treatment of anestrous dairy cows with gonadotropin-releasing hormone, prostaglandin, and progesterone. *J Dairy Sci.*93(5):1944-1959.
- Monroy, Y. (2017). *Tamaño del folículo ovulatorio, volumen del cuerpo lúteo y niveles séricos de progesterona, durante el ciclo estral y gestación temprana en vacas Holstein en Bogotá.* [Trabajo de grado, Universidad Nacional].
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/61025>
- Monniaux, D., Huet, C., Besnard, N., Clément, F., Bosc, M., Pisselet, C., Monget, P. y Mariana, J. (1997). Follicular growth and ovarian dynamics in mammals. *J Reprod Fertil Suppl.* 51(1):3-23.
- Montiel, F. y Ahuja, C. (2005). Body condition and suckling as factors influencing the duration of postpartum anestrus in cattle: a review. *Anim Reprod Sci.* 85(1-2):1-26.
- Morales, J. (2012). Anestro posparto en vacas lecheras: tratamientos hormonales. Revisión. *Veterinaria*, 48(185-188): 19–27.
- Morrison, D, Spitzer, J. y Perkins J. (1999). Influence of prepartum body condition score change on reproduction in multiparous beef cows calving in moderate body condition, *Journal of Animal Science.* 77(5):1048–1054.

- Murray, R. y Guidice, P. (2007). Health detection analysis using an activity meter in grassland systems. *DeLaval*.
- Narváez J. y Silva, A. (2020). Dinámica folicular y cuantificación de estradiol durante el ciclo estral de vacas criollas de la raza Blanco Orejinegro. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 31(2):1-10.
- Ochoa, E., Ochoa, R. y Bó, G. (2019). Efecto de una dosis adicional de prostaglandina sobre la tasa de preñez en vacas lecheras sincronizadas con protocolo CO-Synch. *Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal*. 3(2):79-84.
- Odde, K. (1990). A review of synchronization of estrus in postpartum cattle. *Journal of Animal Science*, 68(3):817-830.
- Oztürk, O., Cirit, U., Baran, A. y Ak, K. (2009). Is Doublesynch protocol a new alternative for timed artificial insemination in anestrous dairy cows. *Theriogenology*. 73(5):568-76.
- Palmer, M., Olmos, G., Boyle, L. y Mee, J. (2010). Estrus detection and estrus characteristics in housed and pastured Holstein–Friesian cows. *Theriogenology*. 74(2), 255-264.
- Parkinson, T. (2019). Infertility in the Cow Due to Functional and Management Deficiencies, *W.B. Saunders*. 1(1):361-407.
- Reimers, T., Smith, R. y Newman, S. (1985). Management factors affecting reproductive performance of dairy cows in the northeastern United States. *Journal of Dairy Science*, 68(4):963-972.

- Richards, M., Spitzer, J. y Warner, M. (1986). Effect of varying levels of postpartum nutrition and body condition at calving on subsequent reproductive performance in beef cattle. *Journal of Animal Science*. 62(2):300-306.
- Roelofs, J., López, F., Hunter, R., Van Eerdenburg, F. y Hanzen, C. (2010). When is a cow in estrus? Clinical and practical aspects. *Theriogenology*. 74(3):327-344.
- Saumande, J. y Humblot, P. (2005). The variability in the interval between estrus and ovulation in cattle and its determinants. *Anim Reprod Sci*. 85(3-4):171-82.
- Senger, P. (1994). The Estrus Detection Problem: New Concepts, Technologies, and Possibilities. *Journal of Dairy Science*. 77(9):2745-2753.
- Selk, G., Wettemann, R., Lusby, K., Oltjen, J., Mobley, S., Rasby, R. y Garmendia, J. (1988). Relationships among weight change, body condition and reproductive performance of range beef cows. *Journal of animal science*. 66(12):3153-3159.
- Sepúlveda, N. y Rodero, E. (2003). Comportamiento sexual durante el estro en vacas lecheras. *Interciencia*. 28.
- Sintex (2005). Fisiología reproductiva del bovino. *Laboratorio de Especialidades Veterinarias*.
1
- Spitzer, J., Niswender, G., Seidel Jr, G. y Wiltbank, J. (1978). Fertilization and blood levels of progesterone and LH in beef heifers on a restricted energy diet. *Journal of animal science*. 46(4):1071-1077.

- Stevenson, J., Rodrigues, J., Braga, F., Bitente, S., Dalton, J., Santos, J. y Chebel, R. (2008). Effect of breeding protocols and reproductive tract score on reproductive performance of dairy heifers and economic outcome of breeding programs. *J Dairy Sci.* 91(9):3424-3438.
- Stevenson, J. (2001). Reproductive Management of Dairy Cows in High Milk-Producing Herds. *Journal of Dairy Science.* 84(1):128-143.
- Twagiramungu, H., Guilbault, L. y Dufour, J. (1995). Synchronization of ovarian follicular waves with a gonadotropin-releasing hormone agonist to increase the precision of estrus in cattle: a review. *Journal of Animal Science.* 73(10):3141-3151.
- Thatcher, W., Staples, C. Danet-Desnoyers, G. Oldick, B. y Schmitt, E (1994). Embryo Health and Mortality in Sheep and Cattle, *Journal of Animal Science.* 72(3):16–30.
- Ramírez, L., Torres, L. Díaz, A. (2012). Relaciones entre la calificación de la conducta del celo y la fertilidad en vacas GIR (*Bos indicus*). *Revista Científica.* 22(6):537-544.
- Van Eerdenburg, F., Loeffler, H. y Van Vliet, J. (1996). Detection of oestrus in dairy cows: a new approach to an old problem. *Veterinary Quarterly.* 18(2):52-54.
- Van Vliet, J. y Van Eerdenburg, F. (1996). Sexual activities and oestrus detection in lactating Holstein cows. *Applied Animal Behaviour Science.* 50(1):57-69.
- Vasconcelos, J., Santos, R. y Capos, G. (1999). Controle do estro e da ovulação visando a inseminação artificial em tempo fixo em bovinos de leite a pasto ou confinados. *Biotecnologia da reprodução em bovinos.* 1(1):129-146.

- Villa, N., Morales, C., Granada, J., Mesa, H., Gómez, G. y Molina, J. (2007). Evaluación de Cuatro Protocolos de Sincronización Para Inseminación a Tiempo Fijo en Vacas *Bos indicus*. *Revista Científica*. 17(5):501-507.
- Wagner, W. y Hansel, W. (1969). Reproductive physiology of the post partum cow. I. Clinical and histological findings. *J Reprod Fertil*. 18(3):493-500.
- Wilson, S., Marion, R., Spain, J., Spiers, D., Keisler, D. y Lucy M. (1998). Effects of controlled heat stress on ovarian function of dairy cattle. 1. Lactating cows. *J Dairy Sci*. 81(8):2124-31.
- Yaniz, J. y López, F. (2006). Revisión de métodos de sincronización del estro en vacuno lechero. *Dossier Vacuno de leche*. 1(1):22-26.
- Yavas Y. y Walton J (2000). Postpartum acyclicity in suckled beef cows: a review. *Theriogenology*. 54(1):25-55.