

**Informe de práctica empresarial: Determinación del efecto del protocolo Ovsynch
IATF en vacas Holstein en una lechería del municipio de San Pedro de los
Milagros (Antioquia)**

Trabajo de grado para optar por título de Médico Veterinario

Tomás Aguilar Garnica

**Asesor
Jhonny Alberto Buitrago Mejía
Médico Veterinario U. de A.
Zootecnista UNAL**

**Unilasallista Corporación Universitaria
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Medicina Veterinaria
Caldas-Antioquia**

2022

Contenido

Resumen	6
Introducción	7
Objetivos	9
Objetivo general	9
Objetivos específicos	9
Marco Teórico	10
Ciclo estral	10
Fases del ciclo estral en la vaca	10
Proestro	10
Estro	11
Metaestro	11
Diestro	11
<i>Regulación</i> neuroendocrina: Eje hipotálamo - hipofisario – gónadal	13
Hipotálamo	13
Hipófisis	13
Ovarios	13
Útero	13
Hormonas presentes del ciclo estral	14
Dinámica folicular	15
Reclutamiento o Emergencia	16
Selección	16
Dominancia	17
Biotecnologías reproductivas	17
Inseminación Artificial (IA)	17
IATF	17
Transferencia de embriones	18
Aspiración folicular (Ovum Pick Up: OPU)	18
Factores que afectan la reproducción en la hembra bovina	18
Condición corporal	18
Estrés calórico	19
Patologías reproductivas	19
Protocolos de sincronización	20
Programas de IA basados en sincronizar el estro	20
Protocolo de PGF2 α	20
Programas de IATF basados en GnRH y Prostaglandina	20
Presynch	20
Ovsynch	21
Cosynch	21
Programas de IATF basados en Estradiol y Progesterona	22
Dispositivo progesterona + estradiol	22
Dispositivo de progesterona + eCG	22
Materiales y métodos	23
Lugar de estudio	23
Población de estudio	23
Protocolo de sincronización Ovsynch modificado	24

Análisis estadístico	26
Resultados	27
Discusión	31
Conclusión	34
Referencias	35

Índice de Figuras

Figura 1 Fases del ciclo estral (Rippe, 2009)	10
Figura 2 Dinámica del ciclo estral (Rippe, 2009)	12
Figura 3 Eje hipotálamo – hipófisis - gónadas (rippe,2009)	14
Figura 4 Dinámica de dos y tres ondas foliculares (Adams, Matteri, Kastelic, Ko, & Ginther, 2014)	16
Figura 5 Esquema del protocolo con PGF2 α	20
Figura 6 Presynch (Marizancén Silva & Artunduaga Pimentel, 2017)	20
Figura 7 Ovsynch (Gutiérrez -Añez, y otros, 2005)	21
Figura 8 Cosynch (Marizancén Silva & Artunduaga Pimentel, 2017)	21
Figura 9 P4 + E2 (Marizancén Silva & Artunduaga Pimentel, 2017)	22
Figura 10 P4 + eCG (Obando Suarez, 2020)	22
Figura 11 Protocolo Ovsynch modificado	24
Figura 12 Chequeo reproductivo en vacas Holstein	25

Índice de tablas

Tabla 1 Hormonas implicadas en el ciclo estral y su caracterización (Lamb, 2009)	14
Tabla 2 Retorno del celo	27
Tabla 3 Distribución de los animales sometidos al protocolo IATF según el tercio de lactancia y el resultado obtenido	27
Tabla 4 Distribución de la tasa de concepción por mes durante el periodo de estudio .	28
Tabla 5 Prueba de chi- cuadrado entre el mes y estado reproductivo	29
Tabla 6 Estadística descriptiva de la tasa de concepción según el número de Partos .	29
Tabla 7 Estadística descriptiva de producción y estado reproductivo	30
Tabla 8 Estadística descriptiva de días abiertos según el estado reproductivo	30

Resumen

Objetivo: Evaluar el efecto del protocolo de IATF Ovsynch en vacas Holstein en una lechería en el municipio de San Pedro De Los Milagros Antioquia

Materiales y métodos: El estudio se realizó en la finca el Verdún ubicada en San Pedro de los milagros, en una población de 106 vacas Holstein de 1 a 10 partos con 51 a 245 días de lactancia, con una producción de leche promedio de 28,7 litros en las vacas preñadas y de 30,4 litros en las vacas vacías; las vacas recibieron el protocolo de IATF Ovsynch modificado en diferentes días posparto, el día 0: 3 ml de GnRH (gestar), día 7 y 8: 2 ml PGF2 α (sincrocio), día 9: 1 ml benzoato de estradiol (sincrodiol), día 10: inseminación 18 y 24 horas después del benzoato de estradiol. La evaluación de la tasa de concepción se evaluó mediante ecografía a los 32 días de servida. Estos datos se analizaron a través de la prueba Chi-cuadrado y la prueba Mann-Whitney por medio del software Epi info. **Resultados y discusión:** El retorno al celo fue del 16,03% (17/106), la tasa de concepción obtenida a los 32 días del 37.74% (40/106) vacas, y la distribución de la gestación de acuerdo al tercio de lactancia de 0-100: 31 vacas, 101-200: 8 vacas, 201-300: 1 vaca. No se encontró diferencias estadísticamente ($P > 0.05$) significativas en las variables estudiadas. **Conclusión:** El uso de protocolo Ovsynch modificado usado en este estudio permite tener unas tasas de concepción adecuadas, similares a las reportadas en la literatura, además a pesar de que no hubo diferencia estadística se evidencia una reducción en los días abiertos de los animales, si se considera el valor que implica para el productor cada día abierto en términos de costos si se espera que haya una diferencia en la rentabilidad del hato.

Palabras claves: Ovsynch, tasa de concepción, ciclo estral, PGF2 α

Introducción

La ganadería es una actividad económica de gran importancia en el país, ya que genera 1.1 millones de empleos representando el 6% del empleo nacional y el 19% de empleo agropecuario contribuyendo con el 6.8% del PIB nacional donde la ganadería de leche representa el 6% del hato ganadero en Colombia (Fedegan, 2018). La población bovina este alrededor de 28 millones de animales y Antioquia concentra alrededor del 11.3%. (ICA, 2018), en Antioquia se producen cerca de 5 millones de litros de leche diarios (Fedegan, 2018).

Los avances en la biotecnología se destacan los protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo teniendo en cuenta que se inseminan las vacas sin necesidad de detectar el celo, realizado por un manejo a través de hormonas (Marizancén Silva & Artunduaga Pimentel, 2017).

Se reconoce que la fertilidad ha disminuido debido a una correlación negativa con la producción de leche (Segundo Gamarra & Próspero Cabrera, 2014). El protocolo de sincronización de ovulación con inseminación artificial sin la observación del celo llamado Ovsynch, incluye una dosis de GnRH en el Día 0, PGF2 α en el Día 7, GnRH el Día 9 e inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) a las 12-16 h posteriores, (Khalloub & Bartolomé, 2008).

El comportamiento reproductivo es un indicador importante en la ganadería ya que un correcto manejo incrementa el porcentaje de vacas gestantes y por efecto un mayor número de animales aprovechables para generar recursos económicos, de esta manera se puede justificar la aplicación de estas técnicas de manejo reproductivo que incluyan programas de sincronización de la ovulación con inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) (Vallejo Timarán, Muñoz Rengifo, Chaves Velásquez, Astaíza Martínez, &

Benavides Melo, 2017). En este trabajo se busca Evaluar el efecto del protocolo de IATF Ovsynch en vacas Holstein en una lechería en el municipio de San Pedro De Los Milagros Antioquia

Objetivos

Objetivo general

- Evaluar el efecto del protocolo de IATF Ovsynch en vacas Holstein en una lechería en el municipio de San Pedro De Los Milagros Antioquia

Objetivos específicos

- Establecer la tasa retornó al celo en vacas Holstein de la finca ubicada en San Pedro de los Milagros (Antioquia) que se sincronizaron con el protocolo de IATF Ovsynch.
- Determinar la tasa de concepción a los 32 días pos servicio en vacas Holstein sometidas a un protocolo IATF Ovsynch en una finca del municipio de San pedro de los Milagros (Antioquia).
- Establecer la distribución la tasa de gestación respecto al tercio de lactancia en vacas Holstein sometidas a un protocolo IATF Ovsynch en una finca del municipio de San pedro de los Milagros (Antioquia).

Marco Teórico

Ciclo estral

El ciclo estral es el tiempo que sucede entre dos etapas estrales, normalmente es de 17 a 24 días, considerándose 21 días como el tiempo promedio en el ganado bovino. (Rippe, 2009)

Fases del ciclo estral en la vaca

El ciclo estral se puede dividir en tres fases:

1. Fase Folicular o de regresión del cuerpo lúteo (Proestro)
2. Fase Peri ovulatoria (Estro y Metaestro)
3. Fase Lútea (Diestro)

En estas fases el ovario sobrelleva una serie de cambios, principalmente formando una estructura ovárica debido a la producción de hormonas de acuerdo a la etapa del ciclo estral. (Guáqueta, 2009)

Figura 1 Fases del ciclo estral (Rippe, 2009)

Fase	Día	Duración	Evento
Estro	0	10-12 hrs.	Maduración Folicular, altos niveles de Estrógeno y pico de LH
Metaestr o	1-3	5-7 días	Ovulación (dentro de las 12-18 hrs.) formación del Cuerpo hemorrágico que no responde a la PGF _{2α}
Diestro	5-18	10-15 días	Maduración del Cuerpo Lúteo - Altos niveles de Progesterona
Proestro	19-21	3 días	Regresión del Cuerpo Lúteo, maduración del folículo e incremento de estrógenos

Proestro

Se inicia con la luteólisis del cuerpo lúteo del ciclo estral anterior y procede a presentar dominancia los estrógenos generando el comienzo de comportamientos y signos de la hembra bovina dado a la caída de los niveles de progesterona; dura alrededor de dos o tres días (Atuesta & Gonella, 2011).

Estro

Es el periodo de actividad y receptividad sexual de la hembra, el signo principal es la monta estática. Los signos del estro son dados por el aumento en la concentración de estrógenos presentes en la fase folicular peri ovulatoria. Se considera que 12 a 20 horas es el tiempo promedio (Lucy, 2006). Los niveles de estrógenos estimulan centros endocrinos en el hipotálamo que controlan la liberación de GnRH del hipotálamo y esta a su vez la liberación de FSH y LH de la adeno-hipófisis (Figura 3).

Metaestro

Inmediatamente después de finalizado el celo etapa de receptividad sexual se inicia el Metaestro que oscila entre 3 a 5 días. Condicionado por una serie de eventos regulados por el ovario. Durante el metaestro ocurre la ovulación, que tiene lugar entre 28 a 32 horas después de haber comenzado el celo, o entre 10 a 15 horas de haber cesado los signos de celo en respuesta al pico preovulatorio de LH. Después de la ovulación se produce una hemorragia y el folículo se llena de sangre, convirtiéndose en una estructura conocida como cuerpo hemorrágico para terminar en cuerpo lúteo. (Guáqueta, 2009)

Diestro

Terminada la etapa del metaestro se obtiene un cuerpo lúteo funcional con la capacidad de sintetizar progesterona, hormona presente en la fase Lúteal (Lamb, 2009). Esta fase se origina desde el inicio del metaestro hasta el inicio de un nuevo ciclo estral, es la fase de más tiempo en el ciclo estral. La regulación de la secreción de progesterona está controlada por un equilibrio de estímulos: uno luteotrópico o que estimula la

progesterona y otro luteolítico o que inhibe la progesterona; ambos estímulos son secretados al mismo tiempo durante el ciclo estral (Lamb, 2009).

Si la vaca esta gestante, el cuerpo lúteo se mantiene, los niveles de progesterona son altos y bloquea el retorno del celo debido a la presencia del embrión bloqueando la regresión del cuerpo lúteo este proceso se conoce con el nombre de “reconocimiento materno”; El otro efecto es el luteolítico el cuerpo lúteo será lisado dado a la liberación de $\text{PGF}_2\alpha$ producida en el útero, disminuye los niveles sanguíneos de progesterona (Guáqueta, 2009).

Figura 2 Dinámica del ciclo estral (Rippe, 2009)

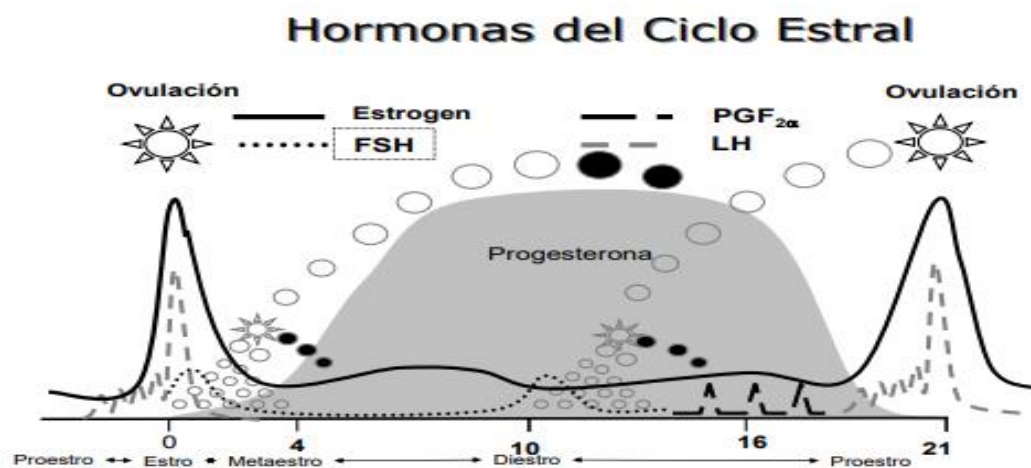


Figura 2. Esquema de las hormonas del ciclo estral

Regulación neuroendocrina: Eje hipotálamo - hipofisario – gónadal

Hipotálamo

Forma parte de la base del cerebro y sus neuronas producen la Hormona Liberadora de las Gonadotropinas o (GnRH); la GnRH se difunde a través de los capilares al sistema hipofisario y de allí a las células de la hipófisis anterior o adenohipófisis, la GnRH liberada en la eminencia media llega a la adenohipófisis en donde su función es estimular la producción y secreción de las hormonas hipofisarias Hormona Folículo Estimulante (FSH) y Hormona Luteinizante (LH) que actúan en el proceso de foliculogénesis (Brandan Nora, Llanos Isabel, Reyes Juan, & Rodríguez Andrea, 2011).

Hipófisis

Consta de una parte anterior y otra posterior alojada en una cavidad de paredes óseas, la silla turca, que se encuentra en el hueso esfenoides. La hipófisis anterior o adenohipófisis produce ciertas hormonas de las cuales la Hormona Foliculoestimulante (FSH) y la Hormona Luteinizante (LH). (Brandan Nora, Llanos Isabel, Reyes Juan, & Rodríguez Andrea, 2011).

Ovarios

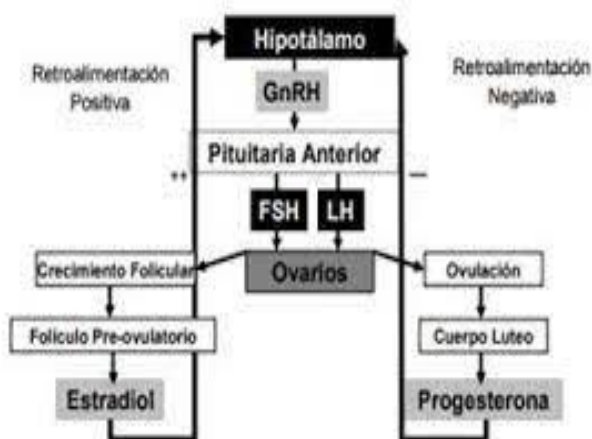
Son glándulas que tienen básicamente dos funciones: una exocrina, que es la liberación de óvulos y otra endocrina, que es la producción y secreción de hormonas. Entre las hormonas que producen los ovarios son: estrógenos o estradiol, la progesterona y la inhibina. (Sintex, 2005).

Útero

Genera la síntesis de $\text{PGF}_2\alpha$ la cual interviene en la regulación del ciclo estral mediante efecto luteolítico o regresión del cuerpo lúteo. También interviene en los procesos de ovulación y parto (Sintex, 2005). El mecanismo por el cual llega la $\text{PGF}_2\alpha$

al endometrio del útero y posterior al cuerpo lúteo situado en el ovario es particular, ya que esta prostaglandina al ser liposoluble se difunde de las paredes de la vena útero-ovárica a la arteria ovárica, va directamente al Cuerpo lúteo (Echeverría, 2006).

Figura 3 Eje hipotálamo – hipófisis - gónadas (rippe,2009)



Hormonas presentes del ciclo estral

Hormonas implicadas en la reproducción.

Tabla 1 Hormonas implicadas en el ciclo estral y su caracterización (Lamb, 2009)

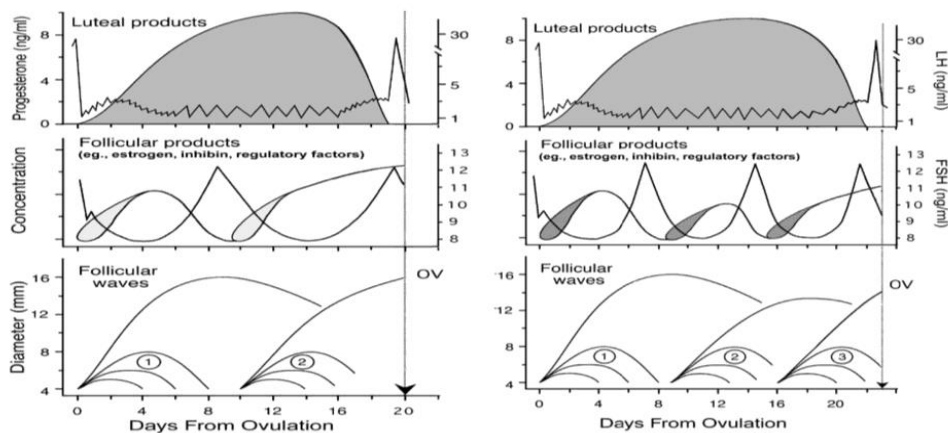
Hormona	Origen	Molécula	Funciones principales
Estrógenos	Folículo	Esteroides	Induce comportamiento sexual estimula el hipotálamo
Progesterona	Cuerpo lúteo	Esteroides	Preparación e implantación del embrión Mantiene la preñez Genera Feedback negativo sobre el hipotálamo
GnRH	Hipotálamo	Decapéptido	Estimula la liberación de FSH y LH
FSH	Adenohipófisis	Glicoproteína	Estimula el crecimiento del folículo y participa estimulando la síntesis de estradiol
LH	Adenohipófisis	Glicoproteína	Genera luteinización del folículo para posteriormente producir el cuerpo lúteo
PF2 alfa	Útero	Ácido graso	luteolisis del cuerpo lúteo y contracciones del miometrio
Inhibina	Celulas de la granulosa	Péptido	Inhibe la secreción de FSH y la hipofisis

Dinámica folicular

Se ha demostrado que la actividad ovárica es el efecto de complejas interacciones como lo es la condición corporal, estado reproductivo, ambiente, manejo, sanidad, actividad fisiológica postparto. (Maldonado, Agudelo, Ginobs, & NA, 1997)

La dinámica folicular estudia el proceso de crecimiento y regresión de folículos primordiales que conllevan al desarrollo de un folículo preovulatorio Sintex, (2005) para posteriormente generar la ovulación. En vacas, el desarrollo folicular sucede en forma de ondas y están presentes tanto en animales jóvenes como adultos, en vacas gestantes (excepto durante los últimos 30 días de gestación), durante el postparto y durante el ciclo estral. Entre 1 y 4 ondas de crecimiento y desarrollo folicular ocurren en el ciclo estral y el folículo preovulatorio que es el que obtuvo las capacidades para desarrollarse frente a la cohorte de folículos que sufrieron atresia, este folículo preovulatorio se origina a partir de la última onda (Filipiak Y, 2016). El seguimiento ecográfico de los folículos durante todo el ciclo estral ha permitido conocer el crecimiento y desarrollo de los folículos, y dividirlo en tres fases denominadas reclutamiento, selección y dominancia (Rajakoski, 1960).

Figura 4 Dinámica de dos y tres ondas foliculares (Adams, Matteri, Kastelic, Ko, & Ginther, 2014)



Reclutamiento o Emergencia

Una cohorte de folículos de cerca de 3 mm de diámetro es estimulada por un aumento transitorio de la hormona FSH que se produce en la adenohipófisis. El pico de FSH sucede cuando el folículo alcanza un tamaño de aproximadamente 4 mm y crece por presentar más receptividad frente a la FSH (Lamb, 2009).

Selección

Es el proceso por el cual un folículo es el dominante y evita la atresia porque crece a una tasa constante, los demás folículos de esa cohorte se vuelven atrésicos, dado por la disminución en los niveles de FSH y la síntesis de inhibina por parte del folículo dominante sobre los subordinados. El folículo destinado a convertirse en dominante parece tener más receptores de LH en las células de la teca el cual le genera la ventaja competitiva sobre los folículos destinados a convertirse en subordinados (Espinoza, Ortega, Palacios, Valencia, & Aréchiga, 2007).

Dominancia

Es el proceso por el cual el folículo dominante ejerce un efecto inhibitorio sobre el reclutamiento de una nueva cohorte de folículos. Este efecto inhibitorio se mantiene hasta debido a la atresia de los demás folículos o porque el folículo dominante es ovulado (Lamb, 2009). Este folículo que alcanza un tamaño destacadamente mayor que los demás folículos, es el responsable de la secreción de estradiol y adquiere la capacidad de continuar creciendo incluso en presencia de otras hormonas que crean un medio adverso para el resto de los folículos (Sintex, 2005). Con la ovulación del folículo dominante, se produce un nuevo incremento de FSH y una nueva onda folicular se inicia.

Biotechnologías reproductivas

Inseminación Artificial (IA)

La inseminación artificial puede definirse como la biotecnología para la aplicación de semen en el tracto genital de una hembra en el momento efectivo para la fecundación (Giraldo, 2007). Es una técnica que permite obtener semen de toros altamente productivos, los cuales han sido evaluadas en varias generaciones ya sea en producción láctea y/o cárnica (Marizancén Silva & Artunduaga Pimentel, 2017). La práctica de IA, se usa directamente con la detección del celo y con el sistema AM-PM y PM-AM (Foote, 2002).

IATF

La Inseminación artificial a Tiempo Fijo es una técnica que, mediante la utilización de hormonas, permite conocer la fisiología reproductiva, la sincronización de los celos y la ovulación con lo cual es posible inseminar una gran cantidad de animales en un período corto de tiempo (Mayra & Marizancén, 2017).

Transferencia de embriones

Esta técnica se describe en obtener un embrión de un animal donante y colocarlo en el oviducto o útero de una receptora (Ochoa, 2006). El objetivo que se busca es generar un gran número de descendientes de las mejores vacas, mejorando la genética, en un tiempo determinado obteniendo crías de alto valor genético. (Martínez Bello, 2008) Esta técnica se realiza in vivo o in vitro.

Aspiración folicular (Ovum Pick Up: OPU)

Es una técnica usada en el ganado bovino, se puede ejecutar en cualquier fase del ciclo estral, en la gestación en los primero tres meses y en animales prepúberes. Se describe que se puede realizar una o dos veces por semana durante periodos de 3 a 6 meses. Presenta unas ventajas como lo son: Fácil utilización en el campo, menor riesgo para la hembra y una menor invasión; la desventaja que presenta es que los equipos son de alto valor y se debe contar con personal capacitado para la punción (Alvarado Malca, Gamarra, Gallegos, & Sámillan, 2016).

Factores que afectan la reproducción en la hembra bovina

Condición corporal

La condición corporal permite que los productores puedan observar la eficiencia nutricional y reproductiva de un hato. La reanudación de los ciclos estrales después del parto guarda relación con los cambios de peso al final de la gestación y el estado de la condición corporal al momento del parto y después de este. Lograr una buena condición corporal permite obtener que una vaca obtenga ciclos regulares y sea cíclica; La escala va del (1 a 5). Las investigaciones reportan, que vacas con condición corporal extremadamente por encima o por debajo (1 – 4) al primer servicio, tienen bajas tasas de concepción (López, 2006).

Al ofrecer en la dieta más energía y este es mayor que la demanda, el exceso es almacenado en forma de grasa corporal. Esta reserva de energía se consume durante períodos de balance energético negativo cuando lo consumido no satisface las necesidades de producción y mantenimiento del animal (López, 2006).

Como factor negativo de una baja condición corporal ocurre el anestro, genera bajas en la tasa de producción y reproducción en los bovinos, y generalmente es provocado por deficiencia en la ingestión de nutrientes, el resultado es el agotamiento de las reservas corporales. Las vacas que están en la fase de posparto, pueden pasar por un balance energético negativo, cuando la CC es menor que 2,5 no se manifiesta ningún signo de estro (Preval Aimerich & Daniel, 2019).

Estrés calórico

Dado a las altas temperaturas ambientales, el estrés calórico altera la intensidad y la duración del estro, donde esta fase puede disminuir en cinco horas, se afecta el desarrollo folicular y el pico de LH, lo que generaría un retardo en la ovulación o que ésta no se presente. (Góngora & Hernández, 2010) dice que las vacas realizan más montas con temperaturas frescas que con calurosas, con temperaturas altas las vacas muestran otros signos secundarios de celo: apoyar la barbilla sobre otra vaca, lamidos etc.

Patologías reproductivas

Desórdenes reproductivos en las vacas preceden a una incapacidad para efectuar el ciclo estral y la dinámica folicular, las patologías del postparto como: metritis puerperal o postparto, retención de placenta, loquios acumulados, endometritis, piometra, enfermedad quística ovárica y animales en anestro, causaran alteraciones reproductivas afectando el desempeño reproductivo de los animales. (Duica, Tovio, & Grajales, 2007)

Protocolos de sincronización

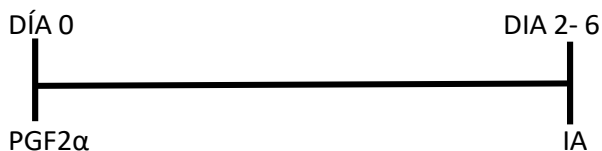
El hallazgo de las ondas foliculares (Rajakoski 1960) permite entender la dinámica folicular en las vacas. Los protocolos de sincronización permiten controlar fisiología reproductiva permitiendo mejorar la fertilidad.

Programas de IA basados en sincronizar el estro *Protocolo de PGF2 α*

Las vacas que reciben un tratamiento de PGF2 α en presencia de cuerpo lúteo muestran celo 2 a 6 días más tarde y la fertilidad de este celo inducido es similar a la de un celo espontáneo (Reátegui Ordóñez, 2014)

- Día 0: PGF2 α
- Día 2-6: observar calor e inseminar AM / PM

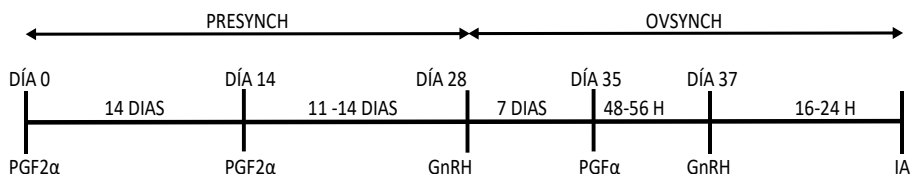
Figura 5 Esquema del protocolo con PGF2 α



Programas de IATF basados en GnRH y Prostaglandina *Presynch*

Se pretende realizar una pre - resincronización con dos aplicaciones de (PGF2 α). El Presynch permitirá que los animales estén en un estado óptimo para el inicio del Ovsynch.

Figura 6 Presynch (Marizancén Silva & Artunduaga Pimentel, 2017)

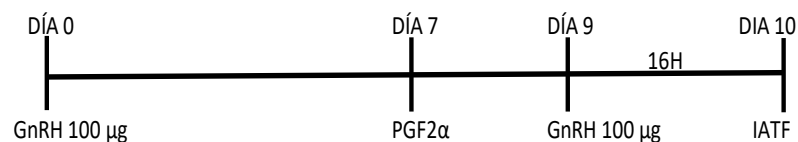


Ovsynch

Se usa para sincronizar la ovulación en vacas lecheras, que consiste en la utilización de combinaciones de GnRH y PGF2 α . Permite generar IATF sin la detección del celo (Gutiérrez -Añez, y otros, 2005).

- Día 0: Aplicación de GnRH
- Día 7: Aplicación de PGF2 α
- Día 9: Aplicación de GnRH
- Día 10: IATF: inseminación 16 horas de segunda dosis de GnRH

Figura 7 Ovsynch (Gutiérrez -Añez, y otros, 2005)



Cosynch

El Cosynch frente al Ovsynch se diferencia en la segunda inyección de GnRH donde la inseminación artificial se realiza al mismo tiempo; es decir 48 h después del tratamiento con la prostaglandina.

- Día 0: GnRH
- Día 7: PGF2 α
- Día 9: GnRH: IA 48 horas después de la dosis de PGF2 α

Figura 8 Cosynch (Marizancén Silva & Artunduaga Pimentel, 2017)

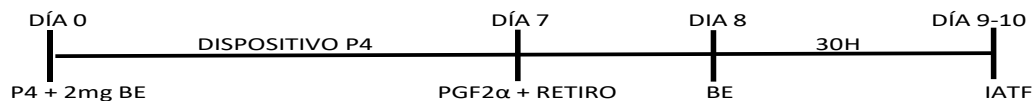


Programas de IATF basados en Estradiol y Progesterona *Dispositivo progesterona + estradiol*

Este protocolo de sincronización incorpora el uso de dispositivos intravaginales con progesterona de liberación lenta y la administración de estrógenos teniendo efecto sobre el hipotálamo generando retroalimentación negativa al igual sobre las gonadotropinas.

- Día 0: Dispositivo + Benzoato de estradiol
- Día 7: Retiro de dispositivo + PGF2 α
- Día 8: Benzoato de estradiol
- Día 9 o 10: inseminar 30 horas después de aplicado el benzoato de estradiol

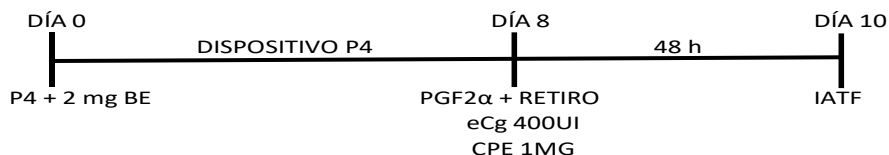
Figura 9 P4 + E2 (Marizancén Silva & Artunduaga Pimentel, 2017)



Dispositivo de progesterona + eCG

- Día 0: Dispositivo + Benzoato de estradiol
- Día 8: Retiro de dispositivo + PGF2 α + cipionato de estradiol + eCG
- Día 10: inseminar 44 a 48 horas después de retirado el dispositivo intravaginal de progesterona.

Figura 10 P4 + eCG (Obando Suarez, 2020)



Materiales y métodos

Lugar de estudio

El trabajo se realizó entre el 12 de enero y el 30 de noviembre del 2021 en la finca el "Verdún" ubicada en el municipio de San Pedro de los Milagros en el departamento de Antioquia, San Pedro de los milagros limita al norte con los municipios de Belmira y Entreríos; al oriente con los municipios de Don Matías y Girardota; al occidente con el municipio de San Jerónimo; al sur con los municipios de Bello, Girardota y Copacabana. La estación lluviosa de este municipio comienza generalmente a mediados de marzo y dura hasta mediados de junio; vuelve a mediados de septiembre (Alcaldía de San Pedro de los Milagros, 2014)

La finca se ubica en las Coordenadas $6^{\circ},23'53''N$ $-75^{\circ}38'29''W$, a una altitud media de 2554 msnm y con una temperatura promedio entre 14 y 16°C

Población de estudio

Para el estudio se utilizaron 106 vacas Holstein entre 1 y 10 partos en distintos tercios de producción. Las vacas estaban distribuidas en dos lotes dependiendo de su nivel de producción, todas son mantenidas en pastoreo de pasto kikuyo (*Penisetum clandestinum*) bajo sistema de rotacional con un día de ocupación y reciben suplementación de concentrado al momento del ordeño de la mañana y de la tarde de acuerdo a la producción de leche con proteína mínima del 13%, fibra máxima del 12 y grasa mínima del 4%, asimismo se suplementa con sal mineral al 6% con contenido de calcio en el pastoreo y agua a voluntad. Las vacas cuentan con un plan de vacunación frente a enfermedades reproductivas, virus como (BHV-1), (BHV-5), (BVDV-1), (BVDV-2) y leptospira, el cual se emplea cada 12 meses y se realiza el manejo de vacunación

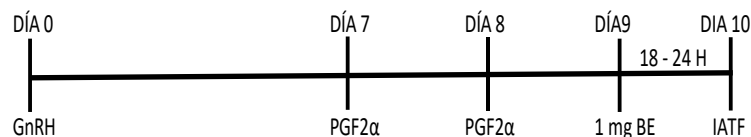
para las enfermedades de control obligatorio planteadas por el Instituto colombiano agropecuario (ICA).

Protocolo de sincronización Ovsynch modificado

Para este estudio se seleccionaron solo vacas con un cuerpo lúteo funcional o cuerpo lúteo y folículo reconociendo que las vacas están en fases lúteas tempranas y medias del ciclo estral, a estas se les realizó el siguiente protocolo IATF Ovsynch modificado:

- Día 0: GnRH 100 mg
- Día 7: PGF2 α 25 mg
- Día 8: PGF2 α 25 mg
- Día 9: Benzoato de estradiol 1 mg
- Día 10: IATF 18 a 24 horas después de la aplicación de benzoato de estradiol.

Figura 11 Protocolo Ovsynch modificado



En la práctica el día 0 se usaron 3 ml de gestar (GnRH) para inducir la ovulación o la atresia de folículos según el momento del desarrollo folicular en el que se encuentre la vaca, al día 7 y 8 del protocolo se aplicaron 2 ml de sincrocio (PGF2 α) buscando generar una caída a niveles basales de P4 dando lugar a la lisis del cuerpo lúteo y la elevación de E2 endógenos, el día 9 se realiza la aplicación de 1 ml sincrodiol (E2) buscando aumentar el crecimiento del folículo preovulatorio, favoreciendo la ovulación.

Las vacas fueron evaluadas ecográficamente a los 32 pos servicio y 53 para reconfirmar la gestación.

Figura 12 Chequeo reproductivo en vacas Holstein



Análisis estadístico

Los datos fueron organizados y recopilados en Microsoft Excel, se realizó un análisis de tipo descriptivo, se comprobó por medio de la prueba de Chi-cuadrado de Pearson y Mann-Whitney a través del software Epi info.

Resultados

En el estudio se obtuvo una tasa de gestación del 37.74% (40/106) en vacas sometidas a un solo protocolo de IATF. Al evaluar los signos etológicos de celo a los 21 días pos servicio se evidenció una tasa de retorno al estro del 16.03% (17/106) (tabla 2)

Tabla 2 Retorno del celo

RETORNO AL CELO			
OVSYNCH	RETORNO	N. VACAS	TOTAL
	17	106	16

En la tabla 3 se observa la dinámica de preñez distribuida según el tercio de lactancia al momento de desarrollar el protocolo IATF, se puede observar que el 77,5% (31/40) de las vacas que terminaron gestantes se encontraban en el primer tercio de lactancia, en el caso de las hembras que resultaron vacías el 56,06% (37/66) se encontraba en el primer tercio de lactancia, mientras que el 40,9% (27/66) se encontraban en el segundo tercio de lactancia.

Tabla 3 Distribución de los animales sometidos al protocolo IATF según el tercio de lactancia y el resultado obtenido

	Tercios de lactancia		
	Preñadas	Vacias	Total
0 -100	31	37	68
101-200	8	27	35
201-300	1	2	3
Total	40	66	106

Al evaluar la distribución de las tasas de gestación por mes se encontró que estas variaron entre el 13.33% y el 69,23%, encontrando las tasas más altas en los meses de marzo y noviembre, y las más bajas en el mes de abril (tabla 4). Sin embargo, al realizar el análisis estadístico mediante la prueba Chi cuadrado (con significancia estadística

P<0,05) no se encontró diferencias estadísticamente significativas entre el mes en el cual se realizó el servicio y el estado de preñez (tabla 5).

Tabla 4 Distribución de la tasa de concepción por mes durante el periodo de estudio

	Preñada	Vacia	TOTAL
Enero	3 37,50% 7,50%	5 62,50% 7,58%	8 100,00% 7,55%
Febrero	4 26,67% 10,00%	11 73,33% 16,67%	15 100,00% 14,15%
Marzo	9 69,23% 22,50%	4 30,77% 6,06%	13 100,00% 12,26%
Abril	2 13,33% 5,00%	13 86,67% 19,70%	15 100,00% 14,15%
Mayo	1 33,33% 2,50%	2 66,67% 3,03%	3 100,00% 2,83%
Junio	8 38,10% 20,00%	13 61,90% 19,70%	21 100,00% 19,81%
Julio	3 50,00% 7,50%	3 50,00% 4,55%	6 100,00% 5,66%
Agosto	3 50,00% 7,50%	3 50,00% 4,55%	6 100,00% 5,66%
Septiembre	2 20,00% 5,00%	8 80,00% 12,12%	10 100,00% 9,43%
Octubre	3 50,00% 7,50%	3 50,00% 4,55%	6 100,00% 5,66%
Noviembre	2 66,67% 5,00%	1 33,33% 1,52%	3 100,00% 2,83%
TOTAL	40 37,74% 100,00%	66 62,26% 100,00%	106 100,00% 100,00%

Tabla 5 Prueba de chi- cuadrado entre el mes y estado reproductivo

Chi-square	df	Probability
13,6579	10	0,1892
Fisher's Exact		0,1513

Al evaluar la tasa de éxito según el número de partos se encontró que el 50% de las vacas en las que obtuvo una gestación presentaban 2 partos o menos, mientras que el 50% de las vacas vacías tenían 3 partos o menos (tabla 6).

Por medio de la prueba Mann-Whitney no se encontró diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$) entre el número de partos de las vacas gestantes y las vacías.

Tabla 6 Estadística descriptiva de la tasa de concepción según el número de Partos

# PARTOS											
# PARTOS * ESTADO	Obs	Total	Mean	Var	Std Dev	Min	25%	Median	75%	Max	Mode
P	40	98	2,45	1,4846	1,2184	1	2	2	3	7	2
V	66	213	3,2273	3,7783	1,9438	1	2	3	5	10	1

El evaluar la tasa de concepción según el nivel de producción se encontró que el 50% de las vacas gestantes tenían una producción de 28 litros o menos, mientras que en las vacas vacías el 50% se tenían una producción de 30 litros o menos. No se encontró diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) en la mediana de litros de leche producidos entre las vacas preñadas y las vacas por medio de la prueba Mann-Whitney (tabla 7).

Tabla 7 Estadística descriptiva de producción y estado reproductivo

PRODUCCION											
PRODUCCION * ESTADO	Obs	Total	Mean	Var	Std Dev	Min	25%	Median	75%	Max	Mode
P	21	603	28,7143	44,6143	6,6794	15	25	28	34	44	24
V	36	1096	30,4444	54,0825	7,3541	18	24	30	35,5	44	30

Cuando se evaluó la tasa de concepción respecto a los días abiertos se encontró que el 50% de las vacas en las que se obtuvo una concepción presentaban 67,5 días abiertos o menos, mientras que el 50% de las vacas vacías tuvieron 84 días abiertos o menos, sin embargo, no se encontró diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) en la mediana de días abiertos entre las vacas gestantes y las vacas vacías por medio de la prueba Mann-Whitney (tabla 8).

Tabla 8 Estadística descriptiva de días abiertos según el estado reproductivo

DIAS ABIERTOS											
DIAS ABIERTOS * ESTADO	Obs	Total	Mean	Var	Std Dev	Min	25%	Median	75%	Max	Mode
P	40	3379	84,475	1703,435	41,2727	51	60,5	67,5	84	245	62
V	66	6407	97,0758	2356,594	48,5448	42	59	84	122	279	53

Discusión

Al mejorar la eficiencia reproductiva en los bovinos es posible obtener un mayor número de lactancias por vaca, los protocolos de IATF permiten mejorar este parámetro al acortar los tiempos para obtener una cría y lograr resultados productivos y reproductivos eficientes, mejorando el progreso genético en el hato, al usar en los protocolos de inseminación animales de gran mérito genético. (Raso, 2012).

En este estudio se encontró una baja tasa de detección de signos de retorno al estro en los animales evaluados, se ha reportado que la eficiencia de este método para determinar el estado gestacional de las hembras varía entre 45% hasta 91% (Hidalgo, Velásquez, Chagra, & Llapapasca, 2018), sin embargo, se ha reportado que en vacas lecheras la tasa de detección de celos se encuentra por debajo de 50% y cuando no se ejerce una buena detección de celos, se incrementa el número de días abiertos. La tasa tan baja de detección de retorno al estro en este estudio puede estar relacionada con la falta de entrenamiento de los operarios, generando un déficit en la identificación de los animales que retornaron al celo, se ha reportado que para tener mejores resultados al usar este parámetro la manifestación de signos del estro se debe realizar tres veces al día mínimo 30 minutos, esto permite obtener mayor eficiencia reproductiva (Eerdenburg, 2009).

En el protocolo del Ovsynch modificado la aplicación de dos dosis de PGF2 α busca generar la caída de la P4 y favorecer la fase folicular dominada por los E2, puesto que se ha reportado que niveles bajos de P4 (<0.4ng/ml) generan una mayor efectividad en la regresión del cuerpo lúteo (Brusveen D, Souza, & Wiltbank, 2009).

El porcentaje de concepción obtenido en este estudio es similar a lo reportado por otros autores en vacas de producción de leche de raza Holstein en Michigan, (Peters & Pursley, 2002) y a otros estudios realizados con el método de Ovsynch tradicional realizado en vacas Holstein en Estados Unidos (Brusveen D, Souza, & Wiltbank, 2009). Sin embargo, fue inferior a lo reportado para vacas Holstein de Estados Unidos bajo protocolos Ovsynch modificados basados en prostaglandina y E2 (Brusveen D, Souza, & Wiltbank, 2009), esto puede deberse a que los animales de ese estudio recibieron GnRH y PGF2 α antes del inicio del protocolo, permitiendo tener una mejor sincronización de la dinámica folicular y por tanto una mejor tasa de concepción.

Al compararlo con los resultados obtenidos en ganado *Bos indicus* se observa que la tasa de gestación obtenida en este estudio es superior (Sanabria & Porras, 2008) (Cámara, 2009). Las diferencias en estos resultados pueden ser explicadas por varios factores, dentro de ellos es importante mencionar que los animales *Bos indicus* se ubican en pisos térmicos distintos a los bovinos *Bos taurus* usados para la producción lechera, y en estas zonas el estrés térmico debido a la elevada temperatura ambiental y la dificultad de intercambio calórico de los animales, así como una falta en el balance nutricional alteran la respuesta reproductiva (Arias, Maderb, & Escobar, 2008), pues en situaciones de restricción alimenticia, como la que se da en trópico bajo durante algunas épocas del año el organismo limita algunas funciones orgánicas la activación del eje hipotálamo hipofisario gonadal, ocasionando fallas en el retorno al celo y fallas para lograr una concepción (Dutour E. J & Melucci, 2010). De igual forma se debe considerar la morfofisiología del tracto reproductivo entre las dos subespecies, siendo los animales tipo *taurus* más precoces reproductivamente (Aguirre, Pardo, & Góngora, 2006).

A pesar de que en este estudio no se encontró diferencia estadísticamente significativa en la tasa de gestación respecto al nivel de producción, otros estudios describen que a mayor producción de leche se reduce la fertilidad (Pursley, Kosorok, & Wiltbank, 1997), aunque existen algunos datos controversiales que indican que a una mayor producción hay una mayor fertilidad (Peters & Pursley, 2002).

En este estudio la tasa de gestación por número de partos no tuvo diferencias estadísticamente significativas, esto difiere de lo reportado por Peters (2002), quien encontró que las vacas de segundo parto presentan mayor tasa de gestación que las vacas primerizas y vacas de tres o más partos. Esta diferencia podría relacionarse con diferencias en la oferta nutricional en el periodo preparto y posparto (Vallejo Timarán, Benavides Melo, Murillo Patiño, Astaíza Martínez, & Chaves Velásquez, 2017), y los niveles de producción que puedan presentarse entre los distintos grupos de animales evaluados.

Al evaluar la tasa de concepción en relación los días abiertos en este estudio los resultados son similares a lo reportado por Lucas y Bo (2006), pero superiores (Sepúlveda, Jennie, Rodríguez, & Rodero, 2003) esto podría deberse al momento del ciclo ovárico en el que se encuentran las vacas al momento de iniciar el protocolo IATF, pues el realizarlo durante la fase lútea del ciclo estral se da una influencia positiva en el ambiente uterino y se mejora la tasa de sincronización del celo hasta un 91%, aumentando con ello la probabilidad de una gestación (Peters & Pursley, 2002).

Conclusión

El uso de protocolo Ovsynch modificado usado en este estudio permite tener unas tasas de concepción adecuadas, similares a las reportadas en la literatura, además a pesar de que no hubo diferencia estadística se evidencia una reducción en los días abiertos de los animales, si se considera el valor que implica para el productor cada día abierto en términos de costos si se espera que haya una diferencia en la rentabilidad del hato.

Referencias

- Adams, G., Matteri, R., Kastelic, J., Ko, J., & Ginther, O. (2014). The effect of progesterone on growth of ovarian follicles, emergence of follicular waves and circulating FSH in heifers. *Journals of Reproduction fertility Ltd*, 16(2), 31-46.
- Aguirre, G., Pardo, C., & Góngora, A. (2006). Inicio del celo, tasa de gestación y relacion del tiempo de inseminación con los niveles de progesterona en vacas Brahman. *Rev. MVZ Córdoba*, 11(1), 766-772.
- Alcaldía de San Pedro de los Milagros. (2014, Enero). *Presentación*. Retrieved from <https://www.sanpedrodelosmilagros-antioquia.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Presentacion.aspx>
- Alvarado Malca, A. E., Gamarra, G., Gallegos, A., & Sámillan, V. (2016). Tasa de recuperación de ovocitos en vacas Holstein en descarte. *Anales Científicos*, 77(16), 63-68.
- Arias, R., Maderb, T., & Escobar, P. (2008). Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Arch Med Vet*, 40(1), 7-22. Retrieved from Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche.
- Atuesta, J., & Gonella, D. Á. (2011). Control hormonal del ciclo estral en bovinos y ovinos. *SpeiDomus*, 7(14), 15-25.
- Brandan Nora, C., Llanos Isabel, C., Reyes Juan, M., & Rodríguez Andrea, N. (2011). *Hormonas Hipotalámicas E Hipofisarias*. UNNE.
- Brusveen D, Souza, H., & Wiltbank, M. C. (2009). Effects of additional prostaglandin F2 α and estradiol-17 β . *American Dairy Science Association*, 92(4), 1412-1422.
- Câmara, D. R. (2009). educação hormonal em protocolo Ovsynch para inseminação artificial em tempo fixo em fêmeas Nelore. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 4(4), 467-471.
- Carvajal, A., Martínez, E., & Tapia, M. (2020). El ciclo estral en la hembra bovina y su importancia productiva. *INIA*.
- Duica, A., Tovio, N., & Grajales, N. (2007). Factores que afectan la eficiencia reproductiva de la hembra receptora en un programa de transplante de embriones bovinos. *Revista de Medicina Veterinaria*(14), 107-124.
- Dutour E. J, & Melucci, L. M. (2010). Asociación entre parámetros productivos y reproductivos de vacas lecheras de acuerdo el sistemas de producción. *Asociación Latinoamericana de Producción Animal*, 18(3-4), 133-147.
- Echeverría, J. (2006). Endocrinología Reproductiva: Prostaglandina F2a en vacas. Revisión bibliográfica. *REDVET*, 7(1), 1-12.
- Eerdenburg, v. (2009). Detección de celo en vacas lecheras: como vencer al toro. *XXXVII Jornadas Uruguayas de Buiatría*, 44-54.
- Espinoza, V. L., Ortega, P., Palacios, E. A., Valencia, M. J., & Aréchiga, F. C. (2007). Crecimiento folicular ovárico en animales domésticos: una revisión. *SciELO*, 32(2), 93-99.
- Fedegan. (2018). *Cifras referencia*. Retrieved from <https://www.fedegan.org.co/estadisticas/documentos-de-estadistica>
- Filipiak Y, V. M. (2016). Desarrollo y dinámica de los folículos ováricos desde la etapa fetal hasta la prepuberal en bovinos. *SMvU*, 52(202), 14-22.

- Foote, R. (2002). The history of artificial insemination. *American Society of Animal Science*, 7(2), 137-147.
- Gasque, R. (2008). Mejoramiento Genético en bovinos. *FMVZ*, 8(2), 267-285.
- Giraldo, J. J. (2007). Una mirada al uso de la inseminación artificial en bovinos. *Revista LASALLISTA de investigación*, 4(1), 51-57.
- Góngora, A., & Hernández, A. (2010). La reproducción de la vacas se afecta por las altas temperaturas ambientales. *U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 13(2), 141-151.
- Guáqueta, H. (2009). Ciclo Estral: Fisiología básica y estrategias para mejorar la detección de celos. *Revista de la Facultad de Medicina*, 65(3), 1-22.
- Gutiérrez -Añez, J. C., Palomares-Naveda, R., Sandoval-Martínez, J., De OndízSánchez, A., Portillo-Martínez, G., & Soto-Belloso, E. (2005). Uso del protocolo ovsynch en el control del anestro postparto en vacas mestizas de doble propósito. *Revista Científica*, 15(1), 7-13.
- Hidalgo, Y., Velásquez, V., Chagra, N., & Llapapasca, N. .. (2018). Relación entre dos métodos de detección del celo y eficiencia reproductiva en vacas Holstein. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 29(4), 1364-1371.
- ICA. (2018). *Censo 2018, Censo pecuario Nacional*. Retrieved from <https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018>
- Khalloub, P. D., & Bartolomé, J. A. (2008). Evaluación de diferentes protocolos de presincronización en un rodeo lechero con servicio estacionado. *Sitio Argentino de Producción Animal*, 10(39), 1-6.
- Lamb, G. C. (2009). Reproductive Endocrinology and Hormonal Control of the Estrous Cycle. *Dairy Cattle Reproduction Conference*, 44(1), 18-26.
- López, F. (2006). Relación entre condición corporal y eficiencia reproductiva en vacas Holstein. *Facultad De Ciencias Agropecuarias*, 4(1), 77-86.
- Lucas, C., & Bó, G. (2006). Uso de la tecnología de la IATF en rodeos lecheros. *Sitio Argentino de Producción Animal*, 1-14.
- Lucy, M. (2006). Estrus: Basic Biology and Improving Estrus Detection. Proc. Dairy Cattle Reproductive Conference. *Dairy Cattle Reproduction Conference*, 29-37.
- Maldonado, J., Agudelo, B., Ginobs, M., & NA, V. (1997). Dinámica Folicular en Vacas Novillas Bos Indicus y Bos Taurus. *Col Cienc PEC*, 10(2), 67-75.
- Marizancén Silva, M. A., & Artunduaga Pimentel, L. (2017). Mejoramiento genético en bovinos a través de la inseminación artificial y la inseminación artificial a tiempo fijo. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 8(2), 247-249.
- Martínez Bello, D. (2008). Situación actual de la transferencia embrionaria Revisión y actualización. *Frisona Española*, 74-80.
- Mayra, A., & Marizancén, S. (2017). Mejoramiento genético en bovinos a través de la inseminación artificial y la inseminación artificial a tiempo fijo. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 8(2), 1-13.
- Obando Suarez, D. A. (2020). *Bases farmacológicas y actualización de la sincronización del celo bovino*. Villavicencio.
- Ochoa, R. (2006). Transferencia de Embriones en Vacunos de Leche. *Ciencias de la Vida*(4), 32-37.

- P.L.Senger. (1994). The estrus detection problem: New concepts, technologies, and possibilities. *Elsevier*, 7(9), 2745-2753.
- Peters, M. W., & Pursley, J. (2002). Fertility of Lactating Dairy Cows Treated with Ovsynch after Presynchronization Injections of PGF2 α and GnRH. *American Dairy Science Association*, 85(9), 2403-2406.
- Peters, M., & Pursley, J. (2002). Fertility of Lactating Dairy Cows Treated with Ovsynch after Presynchronization Injections of PGF2 α and GnRH. *American Dairy Science Association*, 85(9), 2403-2406.
- Preval Aimerich, B., & Daniel, P. (2019). Efecto de la condición corporal sobre la actividad ovárica en hembras bovinas. *SciELO*, 42(3), 193-196.
- Pursley, J., Kosorok, M., & Wiltbank, M. C. (1997). Reproductive Management of Lactating Dairy Cows Using Synchronization of Ovulation. *Elsevier*, 80(2), 301-306.
- Rajakoski, E. (1960). The ovarian follicular system in sexually mature heifers with special reference to seasonal, cyclical and left-right variations. *SMvU*, 52(202), 14-22.
- Raso, M. (2012). Inseminación artificial a tiempo fijo. *Ganadería*, 203-205.
- Reátegui Ordóñez, J. E. (2014). Avances en el tratamiento y manejo hormonal de protocolo de reproducción controlada en bovinos . 11-25.
- Rippe, C. A. (2009). El celo estral. *Dairy Cattle Reproduction Conference*, 11-115.
- Sanabria, A., & Porras, J. (2008). Protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo en vacas (*Bos indicus*) en el topico bajo. *Ciencia y agricultura*, 6(2), 55-64.
- Sánchez, J. (2000). Nutrición energética del ganado lechero. 6(1), 97-127.
- Santos, V., Carvalho, P., Maia, C., Carneiro, B., & Fricke, P. (2017). Fertility of lactating Holstein cows submitted to a Double-Ovsynch protocol and timed artificial insemination versus artificial insemination after synchronization of estrus at a similar day in milk range. *American Dairy Science Association*, 100(10), 8507-8517.
- Segundo Gamarra, C., & Próspero Cabrera, V. (2014). Análisis técnico-económico de un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo (OVSYNCH®) en comparación con celo detectado en vacas Holstein. *Anales Científicos*, 71(1), 191-201.
- Sepúlveda, N., Jennie, R., Rodríguez, F., & Rodero, E. (2003). Fertilidad en vacas lecheras asociadas a la sincronización de celos e inseminación a tiempo fijo utilizando GnRH y PGF2 α . *Revista Científica, FCV-LUZ*, 8(3), 182-186.
- Sintex. (2005). Fisiología Reproductiva Del Bovino. *Sitio Argentino de Producción Animal*, 1-4. Retrieved from https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/71-fisiologia_reproductiva_del_bovino.pdf
- Vallejo Timarán, D. A., Benavides Melo, C. J., Murillo Patiño, D. P., Astaíza Martínez, J. M., & Chaves Velásquez, C. A. (2017). Efecto de las enfermedades en posparto temprano sobre el intervalo parto concepción: estudio de cohorte en vacas lecheras de Pasto, Colombia. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 12(1), 33-43.
- Vallejo Timarán, D. A., Muñoz Rengifo, Y. A., Chaves Velásquez, C. A., Astaíza Martínez, J. M., & Benavides Melo, C. J. (2017). Sincronización de la ovulación en bovinos utilizando gonadotropina coriónica equina con amamantamiento restringido y sin este. *Rev. Med. Vet. ISSN(35)*, 83-91.

