

RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE INSEMINACIÓN
ARTIFICIAL EN HEMBRAS BOVINAS.

*COMPILATION AND ANALYSIS OF DIFFERENT ARTIFICIAL INSEMINATION PROTOCOLS
IN BOVINE FEMALE.*

Autor 1 (Valery Loreim Jimenez)^{1*}

1 filiación del autor 1, Universidad de Cundinamarca, Facultad de ciencias agropecuarias, Sede Fusagasugá, programa de zootecnia, Fusagasugá, Cundinamarca, Colombia. ORCID 0009-0009-0340-3714

* Autor de correspondencia

Valery Loreim Jimenez Rico, Universidad de Cundinamarca, facultad de ciencias agropecuarias, Sede Fusagasugá, programa de zootecnia. vljimenez@ucundinamarca.edu.co, Fusagasugá, Cundinamarca, Colombia. 3187651891, vljimenez@ucundinamarca.edu.co.

Resumen

Se plantea la conceptualización de diversas metodologías de sincronización de estro en bovinos como referencia de estudiantes, profesionales y ganaderos, presentándose como una interesante opción para el manejo reproductivo, con el objetivo de aumentar los indicadores como porcentajes de preñez, días abiertos e intervalos entre partos en las ganaderías.

Esta revisión toma bases temáticas como la anatomía y la fisiología del sistema reproductivo de la hembra bovina y la combina con el manejo reproductivo biotecnológico basado en inseminación artificial a tiempo fijo, el cual se considera un impulsor clave para mejorar la eficiencia en la reproducción.

Protocolos reportados en diferentes partes del mundo, encaminados al manejo adecuado de la onda folicular y ovulación en la hembra bovina, han venido impactando positivamente la reproducción, pero la respuesta del desarrollo del ciclo estral es muy variable, considerando los factores que se pueden ver inmersos al aplicar estas tecnologías, siendo su descripción y análisis otro propósito de esta investigación.

La participación de hormonas específicas como inductores de la ovulación ha dado lugar a diferentes protocolos reproductivos muy utilizados con interesantes resultados en la producción de leche. Finalmente, lo que se desea mostrar con el presente trabajo, son los esquemas de sincronización de la inseminación artificial reportados en la literatura mejorando la velocidad del ciclo de producción bovina.

Palabras clave: preñez, hormonas, ciclo estral, sincronización del estro, inseminación artificial

Abstract

The conceptualization of various estrus synchronization methodologies in cattle is proposed as a reference for students, professionals and ranchers, presenting itself as an interesting option for reproductive management, with the objective of increasing indicators such as pregnancy percentages, open days and intervals between calvings. in the livestock farms.

This review takes thematic bases such as the anatomy and physiology of the female bovine reproductive system and combines it with biotechnological reproductive management based on fixed-time artificial insemination, which is considered a key driver to improve reproductive efficiency.

Protocols reported in different parts of the world, aimed at the proper management of the follicular wave and ovulation in the bovine female, have been positively impacting reproduction, but the response of the development of the estrous cycle is very variable, considering the factors that can be involved. when applying these technologies, their description and analysis being another purpose of this research.

The participation of specific hormones as ovulation inducers has given rise to different widely used reproductive protocols with interesting results in milk production. Finally, what we want to show with this work are the synchronization schemes for artificial insemination reported in the literature, improving the speed of the bovine production cycle.

Keywords: pregnancy, hormones, estrous cycle, estrus synchronization, artificial insemination.

INTRODUCCIÓN

El comportamiento reproductivo, y su correcta interpretación y manejo, es un indicador primordial en el éxito en la producción bovina ya que, del manejo apropiado, depende el aumento de indicadores como la tasa de preñez, días abiertos e intervalo entre partos. Por lo tanto, se produce un mayor número de animales disponibles para preñar para generar mayores ingresos económicos (1) (2) (3).

La técnica IATF (inseminación artificial a tiempo fijo) es una técnica mediante la utilización secuencial de hormonas, donde se sincronizan los celos y ovulaciones, además hace posible inseminar una gran cantidad de animales en un período corto de tiempo (4). Permite por otro lado un manejo económico específico según las demandas del mercado para el hato, lo que permite planificar servicios y partos en épocas de abundante forraje, mejorando las condiciones de crianza (5).

El celo es difícil de detectar en las vacas, por lo que el celo indetectable suele ser uno de los factores limitantes en el uso de la inseminación artificial u otras técnicas de mejoramiento reproductivo en razas de ganado bovino de leche o carne, en los bovinos cárnicos se presenta como limitante, debido a las fallas en el manejo (6).

Los programas de sincronización de celo para el ganado lechero en Latinoamérica han aumentado en los últimos años (7). Solo el 20% de producciones dedicados a la ganadería de leche han implementado protocolos de sincronización de celo en Colombia. (8) (9).

La eficiencia reproductiva de una ganadería bovina es difícil de lograr, uno de los problemas reproductivos principales es no detectar el celo a tiempo, lo que frena el desarrollo de la producción y afecta negativamente la economía de productores y regiones (10). Lo anterior, dado que no existen técnicas para detectar celo manualmente y las que existen no son asertivas, lo que trae bajas tasas de concepción y aumenta los días abiertos para las vacas, entre otros problemas (11).

La falta de estrategias para detectar celo en bovinos junto a la genética, la salud, la nutrición y la administración financiera, pueden generar que los profesionales aumenten su tiempo de trabajo si no se gestionan adecuada ni transversalmente (9) (10). Si esos factores no son tenidos en cuenta, las vacas no regresarán a un periodo estral cíclico; si esto sucede la producción de leche será la más perjudicada (9).

Uno de los retos dentro de la ganadería colombiana es que la mayoría de vacas que se disponen para la producción, presentan signos de celo durante la noche y/o madrugada dificultando la detección y generando un mayor número de días abiertos y alteraciones en la ciclicidad del celo donde rara vez muestran signos externos (12).

Con el paso de los años se han presentado progresos valiosos desde la biotecnología para mejorar los intervalos reproductivos que constan de: inseminación artificial (IA), protocolos de sincronización de celo, transferencia de embriones, fertilización in vitro, entre otras (13) (14). Sin embargo, su uso aún es bajo para la mayoría de los sistemas de ganadería bovina (15).

En Colombia, la investigación en biotecnología reproductiva ha avanzado lentamente hasta convertirse en la actualidad en un medio eficaz para mejorar las granjas lecheras como cárnicas y aumentar la eficiencia reproductiva y así reducir las pérdidas económicas. Para hacerla más rentable y productiva (12) (11) (16). No ha sido suficiente la evolución de las biotecnologías reproductivas en Colombia porque no todos los protocolos de sincronización de celo están disponibles en el país pese a que las industrias han intentado adecuarlo (17), limitándola a zonas específicas, por ello sigue siendo un reto para las ganaderías lecheras optimizar esos estados de preñez (18).

En los sistemas de ganadería bovina el objetivo de cada vaca es tener un parto al año, para alcanzarlo, la vaca debe volver a un ciclo de celo normal lo antes posible después del parto (19) (20). El control del ciclo estral de las vacas es una herramienta excelente para programar los procesos fisiológicos posparto en las vacas, ya que los signos del celo y la fecha de parto de la vaca se pueden conocer con anticipación, lo que permite aumentar la eficiencia de la

producción de las vacas (12).

Una herramienta fundamental para controlar el ciclo estral es la sincronización del celo mediante protocolos para aumentar la eficiencia reproductiva, aumentar las tasas de preñez, reducir días abiertas y garantizar una cría al año por vaca (21) (11) (22). La necesidad de los protocolos de sincronización ha aumentado debido a las bajas tasas de preñez que conllevan a una muy baja rentabilidad en las producciones ganaderas (23) (9). Los protocolos tienen resultados en las tasas de preñez variables dependiendo de factores propios de cada región (clima, topografía, hidrografía), unidad productiva (leche o carne, doble propósito, intensiva o extensiva) e individuo (edad, raza, condición corporal) (15).

De acuerdo a lo anterior, el presente trabajo intenta identificar los retos que presenta para la ganadería colombiana la implementación de la sincronización de estro para mejorar la eficacia reproductiva, ampliar la experiencia académica y de investigación, como también servir de referencia para aplicar estos métodos en producciones ganaderas.

Finalmente, como el objetivo de este artículo era la recopilación y el análisis de diferentes protocolos de inseminación artificial en hembras bovinas, se revisó la anatomía y fisiología del sistema reproductivo, la sincronización hormonal en el desarrollo y comportamiento de la onda folicular de la hembra bovina, el impacto de las metodologías endocrinológicas en la tasa de concepción y fertilidad de las hembras bovinas, la correlación entre la eficacia de la sincronización de la onda folicular y la mejora de la eficiencia reproductiva en el ganado bovino.

ESTADO DEL ARTE

1. La ciencia detrás de la reproducción bovina: el ciclo estral y su anatomía reproductiva.

Las vacas tienen una anatomía reproductiva muy compleja; tienen la función de producir el ovulo y la célula sexual femenina, pero también contribuyen al desarrollo y la nutrición del feto para que la vaca logre en el parto que sea expulsado el feto completamente desarrollado (24) (20) (11).

1.1. Sistema reproductivo bovino de la hembra

Vulva: Es la abertura externa del sistema reproductivo y tiene funciones como: permite dejar pasar la orina, se extiende para el apareamiento y es parte del canal de parto. Las estructuras vulvares incluyen los labios y el clítoris. Cuando se acerca al celo la vulva aumenta su tamaño y adquiere una apariencia rojiza (25).

Vagina: En bovinos, es el lugar donde se depositan los espermatozoides durante el apareamiento o la cópula natural, facilitando el paso de los espermatozoides por el canal cervical (26) (27).

Cérvix: también conocido como el cuello uterino es un órgano de paredes gruesas que forma la conexión entre la vagina y el útero. La entrada al cuello uterino se extiende hacia la vulva en forma cónica (25) (26).

Dentro del cuello uterino se encuentran tres o cuatro anillos. Su propósito es facilitar que el cuello uterino realice su función de proteger el útero del entorno externo. El cuello uterino se abre hacia el útero (25) (28).

Cuerpo uterino: se define como una estructura de longitud corta entre 1 y 5 cm que se encarga de generar una conexión entre el cérvix y los cuernos uterinos (26) (11).

Durante la inseminación artificial del ganado, el útero se considera el punto objetivo para

la deposición de esperma (26) (11) (29).

Cuernos uterinos: Los cuernos uterinos están muy bien definidos y su función es recibir el embrión en crecimiento y permitir que se produzca la implantación y el desarrollo hasta el nacimiento, cuando los cuernos uterinos están separados entre sí por tabique intercornual (26).

Oviductos: también llamados las trompas de Falopio, como su nombre indica transporta los óvulos (25). Entre las funciones está el transporte de espermatozoides y óvulos, Lugar de la fecundación y la primera división celular del embrión (28).

Ovarios: Los ovarios están ubicados cranealmente en relación con los cuernos uterinos y en los oviductos, pero con los cuernos uterinos girando sobre sí mismos y ventralmente. En las vacas podemos encontrar los ovarios en la zona ventrocaudal cerca del borde de la pelvis (26).

Se puede encontrar una variedad de estructuras ováricas en los ovarios, que incluyen folículos, cuerpo lúteo y cuerpo albicans (11) (26) (28).

Cuando las hembras se reproducen mediante apareamiento con IA o monta, los músculos del útero se contraen rítmicamente a causa de las hormonas de estrógenos y oxitocina que transportan los espermatozoides a las trompas de Falopio (11) (25).

En las vacas, el ciclo estral ocurre cada 21 días después del inicio de la pubertad, excluyendo el período de gestación (24) (30).

Posee proestro, estro, metaestro y diestro donde las primeras tres etapas muestran la atracción, aceptación y repulsión hacia los machos, siendo la fase del diestro sexualmente inactiva (24).

2. Programar el ciclo estral en bovinos: hormonas y su participación en la sincronización de celo.

Las principales funciones de las gónadas de un adulto son: producción de hormonas esteroides, gametogénesis. Estas hormonas están encargadas del desarrollo fetal, la diferenciación celular, la maduración sexual, el crecimiento y el ciclo sexual individual (31).

2.1. Hormonas que participan del ciclo estral

La actividad hormonal que se efectúa al momento de la reproducción en los bovinos se inicia con concentraciones altas de estradiol (E2) secretadas a causa del crecimiento del folículo para posteriormente generar un alza de la LH, la cual tiene la función principal de iniciar la ovulación, posteriormente sucede la luteinización donde encontramos células de la granulosa y células tecas (32) (33). Las que cambian de la biosíntesis esteroide de estrógenos a las progestinas mediante acciones enzimáticas para obtener un resultado de la generación del cuerpo lúteo (CL) (34).

Las hormonas que examinan y se encargan del desarrollo de la hembra y el macho son andrógenos, estrógenos y progesterona. Están controlados por la GnRH la cual es secretada por: el hipotálamo, la LH secretada por la glándula pituitaria y la FSH (31) (35).

En el ciclo estral el periodo más corto es la fase folicular seguida por El proestro y el estro, definidos por el inicio de la involución del cuerpo lúteo (CL) hasta la ovulación, se caracterizan por la liberación de gonadotropinas y cambios en la dominancia hormonal a medida que disminuye la progesterona y aumenta el estradiol (31) (34) (20).

Las hormonas gonadotropinas hipofisarias: Son hormonas de origen hipofisario, las gonadotropinas pertenecen al grupo de hormonas dímeras de glicoproteínas, la glándula pituitaria produce, almacena y libera dos gonadotropinas (25).

Las hormonas esteroides se producen en varios tejidos, como las células testiculares, la corteza suprarrenal, los ovarios y la placenta. Sintetizándose por moléculas de colesterol (36).

La efectividad de los protocolos de sincronización en el animal depende de diferentes enzimas expresadas en tejidos específicos, lo que da como resultados diferentes tipos de esteroides identificándose como glucocorticoides, mineralocorticoides, andrógenos y estrógenos (36).

2.2. Protocolos de sincronización

El propósito de entender sobre el funcionamiento del sistema reproductivo de la hembra y la interacción de las hormonas es definir el objetivo de su uso en los protocolos de sincronización, así como la unión de estas ayudan en la programación y resaltar los signos del ciclo estral cíclico(22) (37).

Los protocolos de Sincronización en bovinos son una alternativa que podemos usar para llevar a las hembras a un ciclo estral regulado exitosamente mediante la aplicación de una variedad de hormonas para programar la ovulación como lo son las mencionadas anteriormente, que prosigue para la inseminación artificial o el apareamiento natural (11) (9). a continuación, alternativas de protocolos de sincronización en bovinos;

Protocolo 1 (11); este protocolo consiste en una aplicación en el día 0 con un dispositivo intravaginal con progesterona 0,6 g y 2 mg de benzoato de estradiol, se procede en el Día 6 y se aplica 150 µg de D-cloprostenol y se extrae el DIB, en el día 9 después de 72 horas se procede aplicar a 10,5 µg de GnRH, finalmente se procede a realizar la inseminación artificial.

Metodología; se trabajó con un grupo de 14 vacas Boss Taurus, con una edad promedio de 16 y 17 meses, las novillas se seleccionan por su peso, período y desarrollo del tracto reproductivo. Resultado; el porcentaje de preñez es de 50%, se tuvo una onda folicular con variación entre 1 y 4,5 días en las novillas que a la primera GnRH no tuvieron ovulación.

Protocolo 2 (11); este protocolo consiste en una aplicación en el día 0 donde se suministra un dispositivo intravaginal con 750 mg de progesterona, más 2 ml de benzoato de estradiol, en el día 8 se extrae el DIB y se aplica 2 ml de prostaglandina 0,150 mg y 1 ml BE, 56 horas después se procede a inseminar las vacas. Metodología; se probaron 120 vacas con edades promedio entre 3 a 6 años y 3,5 a 4 de condición corporal (escala de 5 máximo). Resultado; Sin necesidad de resincronización se obtuvo un porcentaje de tasa de preñez de un total del 50%, las vacas multíparas fueron más eficientes que las primíparas.

Protocolo 3 (11); este protocolo consiste en una aplicación en el día 0 del DIB y aplica BE 2 mg, día 8 se extrae el DIB con una aplicación de Prostaglandina a 2cc, en el día 9 aplica benzoato de estradiol a 1mg, día 11 se procede a inseminar luego de 26 horas de haber extraído el DIB. Metodología; en el estudio fueron 10 vacas lecheras de la raza BON, de alrededor de 72 meses y con pesos promedio de 370 kg cada una, la finca está situada a una altitud de 1200 m. Resultado; desde el inicio el tratamiento fue efectivo, 80% de las hembras en celo con solo 4-5 horas después de completar el tratamiento.

Protocolo 4 (11); este protocolo consiste en una aplicación en el día 0 del DIB que contiene progesterona y suministrar BE a 2ml, en el día 7 se realiza el retiro del dispositivo y aplicación de Cloprostenol sódico a 2 ml, en el día 8 se aplica 1 ml de benzoato de estradiol para luego inseminar o montar. Metodología; fue realizado en el Trópico Amazónico con un número de 40 hembras cebuina, tuvieron una edad promedio de 3 a 6 años y 3.5 a 4 de condición corporal. Resultado; las vacas con más número de partos tuvieron mejores resultados, la tasa de preñez fue menor al 69%.

Protocolo 5 (40); este protocolo consiste en una aplicación en el día 0 del DIB y se aplica Benzoato de Estradiol a 2 mg, en el día 8 se extrae el DIB y aplica eCG (300 UI), más Cipionato de estradiol 1 mg en compañía de Cloprostenol a 1.5 mg, la IATF al día 10. Metodología; realizado en una ganadería doble propósito en Colombia, con una temperatura 32°C, con 75 msnm de altura y con una humedad relativa del 80%. Resultado; la IATF aumento el número de hembras servidas de 95 servicios adicionales. Anteriormente con 82 servicios totales en la IA.

Protocolo 6 (11); este protocolo consiste en una aplicación en el día 0 del DIB con progesterona más 2 ml de BE, en el día 7 se retira el DIB y se usa Cloprostenol a 2ml, además de 1cc de Cipionato de estradiol, en el día 8 se suministra eCG (2,5 ml) luego de haber retirado el DIB (50 hrs), finalmente se realiza la IA. Metodología; Realizado en el Trópico Amazónico, con 40 hembras cebuina, tuvieron una edad de 3-6 años y 3.5 a 4 de condición corporal. Resultado; Tasa de preñez fue del 70%.

Protocolo 7 (11) (37); este protocolo consiste en una aplicación en el día 0 del implante con 3mg de progesterona y se suministra 5mg de valerato de estradiol y 3g de progesterona, en el día 9 se retiran los implantes de P4 y se aplica eCG (400 UI), después de 48 a 52 horas se insemina. Metodología; se realizó en Pereira, Risaralda, con un numero de 120 vacas de la raza Brahma, producción de leche, entre 45 y 120 días después de parir. Resultado; Una taza de preñez de 55.2%

Protocolo 8 (11) (37); este protocolo consiste en una aplicación en el día 0 del DIB de progesterona con 2mg de BE y 50 mg de P4, en el día 7 se retiró el DIB y se aplica 0.15mg D-cloprostenol, en el día 8 se suministra 1 mg de BE, alrededor de 34 horas luego de retirado el DIB se prosigue a inseminación artificial a tiempo fijo. Metodología; se realizó en Pereira, Risaralda, con un numero de 120 vacas raza Brahma, de leche, entre 45 y 120 días después de parir. Resultado; una taza de preñez de 21.7%

Protocolo 9 (15); este protocolo consiste en una aplicación en el día 0 del dispositivo intravaginal con progesterona, mas 2 mg BE, en el día 8 retirado el dispositivo y aplicó gonadotropina coriónica equina-eCG (400 U.I.), en el día 9 con 1 mg BE y día 10 se insemina. Metodología; realizado en el Santander, altura de 1670 msnm, con 94% de humedad relativa, con 50 vacas mestizas de doble propósito. Resultado; el porcentaje de preñez del 60%

Protocolo 10 (12); este protocolo consiste en una aplicación en el día 0 del Implante DIB junto con 2mg de BE, en el día 8 se retira DIB y aplica de 2 cc prostaglandina, 2 cc eCG y 1 mg BE después de 24 horas de retirado el DIB, se procede a la inseminación artificial a las 52 horas después. Metodología; el lote está conformado por 10 hembras BON Con un peso promedio de los 350 Kg y 14 meses de edad. Resultado; Se tuvo una tasa de preñez de 0%, esto a causa de la utilización pajillas de calidad baja.

Protocolo 11 (15); este protocolo consiste en una aplicación en el día 0 del dispositivo intravaginal, con 2 mg de BE, en el día 8 fue retirado el dispositivo y se aplicó 400 U.I. de gonadotropina coriónica equinaeCG, junto a 0,150 mg de cloprostenol, en el día 9 se aplicó 1 mg de BE y al día décimo, entre las 30-32 horas se efectuó la inseminación artificial. Metodología; realizado en el Santander, altura de 1670 msnm, con 94% de humedad relativa, con 50 vacas mestizas de doble propósito. Resultado; el porcentaje de preñez fue 73%.

3. Ventajas y desventajas de los protocolos

3.1. Las ventajas de la sincronización

Los protocolos de sincronización en las hembras bovinas tienen la ventaja de: aumentar la eficacia reproductiva, facilitar la detección de celo teniendo en cuenta que estos animales se caracterizan por un celo de corta duración, aumenta los intervalos entre partos como concepción y mejorar el desempeño reproductivo de las vacas (12) (18) (30).

La implementación de los protocolos de sincronización seguida de la inseminación artificial tiene las siguientes ventajas: Permite poblaciones reproductoras mejoradas sin afectar los parámetros reproductivos, permite inseminar a las terneras en pocos días con un protocolo de trabajo sencillo, ayuda a mejorar el rendimiento reproductivo asegurándose de que los animales no pasen largos períodos sin ciclar, genera un cronograma de producción, permite diseñar una producción del tamaño controlado y adecuado lo que repercutirá en el costo por litro de leche producido con menores costos amortizados, le producen homogeneidad de lotes en edades y cruces (18) (38).

3.2. Las desventajas de la sincronización

La sincronización de celo posee las siguientes desventajas: aumento de los costos laborales, requiere un profesional experimentado y un período de celo cercano, requiere fondos de inversión apropiados, planeamiento y verificación constante de costos (18) (28).

4. Beneficios de la I.A.T.F.

Es de Importancia como la Inseminación Artificial complementa los protocolos de sincronización de celo para obtener resultados aún mayores principalmente en tasas de preñez. Entre sus beneficios encontramos la reducción de días abiertos, se maximiza el potencial reproductivo de las vacas del hato lo que significa que se producen mayor cantidad de kilogramos de carne o mayor cantidad de litros de leche en periodos más cortos de tiempo (30) (4) (12).

Además de los anteriores beneficios, a través de la IATF se puede garantizar y obtener semen de toros con fertilidad altamente comprobada, además disponer de bancos de razas o líneas a bajo costo, lo cual reduce gastos por compra y mantenimiento de toros, dichos aspectos le permiten al profesional en IATF realizar procesos en días programados y no depender del ciclo estral de los animales (9) (39).

Meza (2017) (11) propone tener en cuenta la hora en que se empieza a aplicar dicho protocolo, se recomienda realizarse en las horas de la mañana 07:00 am o 09:00 am para que la inseminación que se va a realizar a término fijo se haga en las horas de la tarde donde no sea después de las 06:00 pm dado que pueden presentar problemas por falta de luz eléctrica o el desplazamiento de los animales a los corrales en el manejo de las fincas.

En cuanto a los dispositivos intravaginales se plantea junto al autor Meza (2017) (11) utilizar dispositivos nuevos de P4, para que el porcentaje de preñez sea alto y la sanidad sea eficiente evitando el contagio de entre los mismos animales de enfermedades de transmisión sexual.

Hay concordancia en que cuando se aplique el dispositivo intravaginal es importante usar guantes como medida de prevención, puesto que estos dispositivos están impregnados con hormonas a base de progesterona y pueden causar daños al profesional o trabajador sin

protección, que luego se reflejan en su comportamiento sexual (Meza, 2017) (11).

Los autores Casadiegos (2020) (35) y Gordillo (2017) (14) están de acuerdo y plantean que los resultados obtenidos por la inseminación a término fijo independientemente del protocolo que implementaron declaran que un factor primordial para la variación de los resultados son los cuatro pilares de la explotación ganadera: Nutrición, Salud, Genética y Manejo. siempre hay que considerar el ganado y el producto final que se quiere conseguir. Las hembras en estos programas deben someterse a un manejo de bienestar animal para evitar estrés que pueden afectar las tasas de preñez, termina de apoyar a esta idea Meza (2017) (11).

Jaimes (2014) (12) de manera más específica propone y defiende que en cada región la efectividad de los protocolos puede variar por ello se recomienda evaluar adicionalmente su eficacia según la región en específico donde se desarrolla cada ganadería, de igual manera se complementa a esta propuesta que es importante que la vaca se encuentre en óptimas condiciones físicas para sincronizar eficazmente el celo y la ovulación.

Un análisis general de los protocolos planteados en el presente trabajo nos permite determinar que las diferencias entre ellos estriban en la metodología de implementación, en el tiempo, en la efectividad, en la cantidad y tipo de diferentes hormonas específicas en cada uno de los protocolos, y en el ambiente en el cual se realizó la aplicación del procedimiento por los efectos del medio ambiente en la reproducción animal.

CONCLUSIONES

El manejo adecuado, la nutrición y el seguimiento de los detalles son importantes para lograr implementar los protocolos de sincronización.

El análisis económico del mercado dice que es el tratamiento más adecuado para generar más ingresos al productor y el uso de los protocolos de sincronización de celos permite mejorar la eficiencia reproductiva aumentando el ingreso al productor que varía según el tipo de protocolo.

Podríamos concluir que las metodologías de sincronización de estro empleados en producciones pequeñas en combinación con la monta natural han resultado eficientes para incrementar el índice de fertilidad solo en estos casos. En producciones medianas y grandes los resultados con Inseminación Artificial son más viables en relación con el número de animales y resultados.

Se sugiere que es posible aplicar con éxito en los métodos de sincronización de celo con IATF en condiciones de trópico alto, medio y bajo con los diferentes sistemas de sincronización y que también lo más recomendable es iniciar la sincronización a los 35 días postparto.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia, especialmente a mis abuelos maternos quienes me criaron y apoyaron en este proceso formativo; Cecilia y Carlos.

Reconozco con aprecio a mis profesores por todo el aprendizaje a lo largo de estos años, y de igual manera a mi director por el apoyo para la culminación del trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Raso Miguel. Inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). inta.gob.ar [Internet]. 2012 [citado el 26 de marzo de 2023]; Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_ganaderia46_inseminacion_ovina.pdf
2. Buenaño Carlos. Determinación del porcentaje de preñez mediante el uso de dos protocolos de IATF (DISPOSINT® 600) en vacas con problemas de fertilidad de la raza Brown Swiss Original. 2022 [citado el 8 de octubre de 2023]; Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/17851>
3. Cadavid Pamela, Casallas Leidy, Granados María. Diagnostico económico y gestión de la biotecnología de inseminación artificial a tiempo fijo en un sistema de producción bovino de carne. 2023 [citado el 8 de octubre de 2023]; Disponible en: <https://repository.ucc.edu.co/items/95c0cca4-86a2-4801-a533-6b92325166a7>
4. Martínez Camilo. Evaluación de cuatro protocolos de sincronización de celos a los 35 días posparto en vacas cruzadas Bos Taurus por Bos Indicus sobre el porcentaje de preñez y días abiertos con I.A.T.F. 2009 [citado el 8 de octubre de 2023]; Disponible en: <https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia/201/>
5. Ríos Juan. Análisis costo-beneficio comparando inseminación artificial a tiempo fijo con inseminación artificial convencional en Hacienda Surrambay, Colombia. 2018 [citado el 8 de octubre de 2023]; Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6289>
6. Mas A., Sanes J., Martínez F., Vallejo P., Seva J. Protocolo de sincronización de celo en vacas de lidia con monta natural. revistas.um. esA Mas, JM Sanes, FM Gomariz, R Diego, P Vallejo, JI SevaAnales de Veterinaria de Murcia, 2011•revistas.um.es [Internet]. 2011 [citado el 8 de octubre de 2023]; 27:93–9. Disponible en: <https://revistas.um.es/analesvet/article/view/160181>

7. López Jorge. Efecto de un programa de sincronización a tiempo fijo en ganado lechero. 2019 [citado el 8 de octubre de 2023]; Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/104801>
8. Obando Dickson. Bases farmacológicas y actualización de la sincronización del celo bovino. 2020 [citado el 8 de octubre de 2023]; Disponible en: <https://repository.ucc.edu.co/items/40be89e0-7055-43b1-a3cf-6324e9f4fdbb>
9. Bastidas Yesid, Gómez Manuel. Métodos de sincronización de celo en bovinos de leche aplicables para la meseta de Popayán. hemeroteca.unad.edu. coYEB Vallejo, MEG CandelAgricolae & Habitat, 2019•hemeroteca.unad.edu.co [Internet]. [citado el 8 de octubre de 2023]; Disponible en: <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/agricolae/article/view/3559>
10. Patrón Raquel. Estrategias para optimizar la eficiencia de las granjas intensivas de vacas de leche. 2022 [citado el 8 de octubre de 2023]; Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=317501>
11. Meza Gilberto. Protocolos de sincronización del estro y ovulación en bovinos en Colombia. repository.unad.edu. coG Meza Contrerasrepository.unad.edu.co [Internet]. 2017 [citado el 8 de octubre de 2023]; Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/23128>
12. Jaimes Alicia. Evaluación de protocolo de Sincronización con inseminación a tiempo fijo (IATF) en hembras de la raza Bon Blanco Orejinegro en la granja de la Universidad Francisco de Paula Santander Seccional Ocaña. 2014 [citado el 12 de abril de 2023]; Disponible en: <http://repositorio.ufpso.edu.co/handle/123456789/2524>
13. Botina Greysi, Enríquez Angie. Evaluación de la tasa de preñez en novillas Bos taurus receptoras de embriones in vitro sometidas a un tratamiento de sincronización hormonal utilizando diferente concentración de progesterona en el municipio de Túquerres Nariño. 2022 [citado el 8 de octubre de 2023]; Disponible en: <https://sired.udenar.edu.co/8122/>

14. Gordillo Jefferson, Perales Juan. Comparación de la eficiencia de dos Protocolos De Inseminación Artificial A Término Fijo IATF Aplicado Como Parte Del Mejoramiento Reproductivo De La Finca Las. 2017 [citado el 8 de octubre de 2023]; Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/19124>
15. Jerez Omar. Evaluación de dos protocolos de sincronización de celo a término fijo en hembras bovinas mestizas. repository.unad.edu. coOA Jerez Florezrepository.unad.edu.co [Internet]. 2020 [citado el 8 de octubre de 2023]; Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/37770>
16. Cubillos Daniela, Muñoz Leidy. Evaluación de parámetros reproductivos en unidades productivas bovinas ubicadas en el Municipio de Pasca, Cundinamarca. 2021 [citado el 8 de octubre de 2023]; Disponible en: <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/3477>
17. Echavarrí Alejo. Metodos de sincronizacion de celo y/u ovulacion utilizados en bovinos en Argentina. 2019 [citado el 8 de octubre de 2023]; Disponible en: <https://repositorio.unrc.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/77694/77694.pdf?sequence=2>
18. Jácome Rothman. Protocolos de sincronización de celos en vacas Bos Indicus. 2012 [citado el 8 de octubre de 2023]; Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2128>
19. Vásquez Yajaira. Evaluación de dos protocolos de IATF con progestágenos en Belisario Quevedo. 2021 [citado el 8 de octubre de 2023]; Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/10876>
20. Sarmiento María. Evaluación de la tasa de preñez con protocolos de sincronización E2P4PGF2A, con tres tiempos de retiro del dispositivo intravaginal, en vacas Holstein. 2014 [citado el 8 de octubre de 2023]; Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7923>

21. Cartagena Celso. Análisis de los avances biotecnológicos en protocolos de sincronización de celo para inseminación artificial en ganado Bos indicus. 2021 [citado el 8 de octubre de 2023]; Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/16274>
22. Ccallo Gil. Evaluación de la Técnica de Sincronización de Doble Ovsynch al Primer Servicio en Vacas Lecheras Post Parto en el Distrito de Santa Rita de Siguan Province de. 2019 [citado el 8 de octubre de 2023]; Disponible en: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/8908>
23. Baos Ana. Implementación de un programa de mejoramiento genético, mediante el uso de la biotecnología de inseminación artificial a tiempo fijo, en la especie bovina en él. 2018 [citado el 8 de octubre de 2023]; Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/25252>
24. León Carlos. Fisiología y eficiencia reproductiva del ganado vacuno. 1979 [citado el 9 de octubre de 2023]; Disponible en: https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2146/Fisiologia_y_eficiencia_reproductiva.pdf?sequence=1
25. Nebel Ray. Anatomía y fisiología de la reproducción bovina. produccion-animal.com. arR Nebel, M DeJarnetteSELECT SIRES INC, 2011•produccion-animal.com.ar [Internet]. 2011 [citado el 8 de octubre de 2023]; Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/97-fisiologia.pdf
26. Lenis Yasser, Carrillo Diego. Inseminación artificial y liderazgo rural en el agronegocio bovino. 2021 [citado el 8 de octubre de 2023]; Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/81417>
27. Hafez E., Hafez B. Reproduction in farm animals. 2013 [citado el 9 de octubre de 2023]; Disponible en: <https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=BzqQDQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP2&dq=R>

[eproduction+in+farm+animals.+John+Wiley+%26+Sons.+&ots=HggYbhyzkZ&sig=IEfN0kM9NIMXo_MB0b5fyD17PIQ](https://doi.org/10.1002/9781119422222.ch12)

28. Guamán Juan. Evaluación del porcentaje de preñez en vacas Holstein mestizas aplicando GnRH en el momento de la inseminación artificial, en protocolos de sincronización de la ovulación E2-P4-PG F2 ALFA. 2019 [citado el 8 de octubre de 2023]; Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18302>
29. Cárdenas C., Garay D. Análisis costo-beneficio de invertir en el servicio de detección de preñez temprana en bovinos. 2023 [citado el 9 de octubre de 2023]; Disponible en: <https://repositorio.unitec.edu/handle/123456789/8864>
30. Caluña Ruth. Evaluación de un Protocolo de IATF (Inseminación Artificial a Tiempo Fijo) con Progestágenos y ECG (Gonadotropina Coriónica Equina) post retiro del implante en gando bovino en la hacienda las Lomas. 2018 [citado el 8 de octubre de 2023]; Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/4789>
31. Echeverría J. Endocrinología Reproductiva: Prostaglandina F2a en vacas. Revisión bibliográfica. redalyc.org J Echeverría REDVET Revista Electrónica de Veterinaria, 2006•redalyc.org [Internet]. 2006 [citado el 8 de octubre de 2023]; Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/636/63612648003.pdf>
32. Arévalo Ángel. Evaluación de la tasa de preñez en vacas repetidoras de la raza Holstein mestizas con la aplicación de hCG al momento de la inseminación artificial. 2020 [citado el 9 de octubre de 2023]; Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19205>
33. Martínez Leonardo. Fisiología de la reproducción bovina: desde la fecundación hasta la implantación embrionaria. 2009 [citado el 8 de octubre de 2023]; Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1312&context=medicina_veterinaria

34. Franco Jackeline, Uribe Luis. Hormonas reproductivas de importancia veterinaria en hembras domésticas rumiantes. scielo.org. coJ Franco, LF Uribe VelásquezBiosalud, 2012•scielo.org.co [Internet]. 2012 [citado el 8 de octubre de 2023]; Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1657-95502012000100006&script=sci_arttext
35. Casadiegos Jesus. ADMINISTRAR Y GESTIONAR PROCESOS REPRODUCTIVOS USANDO PROTOCOLOS DE SINCRONIZACION EN LA EMPRESA GENETICA & GANADOS DE COLOMBIA HACIENDA LA MARGARITA MUNICIPIO DE RIO DE ORO - CESAR. 2020 [citado el 7 de abril de 2023]; Disponible en: <http://repositorio.ufpso.edu.co/handle/123456789/858>
36. Villamil Geraldine, Trujillo Myriam. Hormonas esteroideas de origen sexual y su importancia en reproducción bovina. 2021 [citado el 8 de octubre de 2023]; Disponible en: <http://repository.ucc.edu.co/items/95cea3ed-9f77-45d7-ac37-43ef217f7e3d>
37. Villa Nestor, Morales Carlos, Granada Jose, Mesa Henry, Gomez German, Molina Juan. Evaluación de cuatro protocolos de sincronización para inseminación a tiempo fijo en vacas Bos indicus lactantes. 2007 [citado el 8 de octubre de 2023]; Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592007000500010
38. Cajeca Iván. Evaluación de los Protocolos Disponibles Para Sincronización de Celo para Inseminación Artificial a Tiempo Fijo en Vacas Lecheras. 2012 [citado el 8 de octubre de 2023]; Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2098>
39. Benavides Oscar. Evaluación de tres protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en vacas holstein friesian en la serranía ecuatoriana. 2021 [citado el 8 de octubre de 2023]; Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8899>
40. Aguilar Arsenio. Validación de un protocolo de sincronización de celo, con Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF) en ganado doble propósito en la hacienda Surrabay, Chigorodó, Colombia. 2018;

**ACUERDO 027 DEL 16 DEL 16 DE DICIEMBRE DE 2021
ARTÍCULO 46.- OPCIONES DE TRABAJO DE GRADO
MODALIDAD ARTÍCULO PUBLICABLE (REVISIÓN)**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
Programa de Zootecnia (Acreditado Alta Calidad Res. MEN 009412 de 2022)**

Evidencia anti-plagio - Turnitin

ARTÍCULO 61.- DEBERES
13. No cometer fraude académico o plagio en las pruebas de evaluación, exámenes o trabajos escritos presentados en desarrollo del proceso de aprendizaje y formación, así como el respeto a la propiedad intelectual.

ARTÍCULO 62.- FALTAS
1. El fraude: c. Utilizar citas o referencias falsas o registrar indebidamente referencias que no coincidan con las citas. d. Presentar como autoría toda o parte de una obra, trabajo, documento o invención realizadas por otra persona; incorporar un trabajo ajeno en el propio de forma que induzca a error al observador o lector en cuanto a su autoría.

Inserte una evidencia¹ del índice de similitud (%) arrojado por la herramienta *Turnitin* ↓



0% - 25%

Permitido

El documento se puede entregar y radicar como propuesta (anteproyecto).

>25%

No permitido

El documento no se puede entregar ni radicar como propuesta (anteproyecto). Se hace obligatoria la revisión exhaustiva de este por parte del estudiante y el director para hacer los ajustes pertinentes.