

Protocolos de sincronización de celo en la especie bovina: artículo de revisión

Heat synchronization protocols in bovine species: review article

Manuel Felipe Moreno Forero¹

^a Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá, Colombia.

^b Facultad de Ciencias Agropecuarias, Programa de Zootecnia.

Resumen

A medida que han avanzado los estudios, el conocimiento y la identificación de mecanismos de acción y funciones a nivel anatómico y fisiológico del sistema reproductor de las hembras bovinas, han venido surgiendo nuevas técnicas y procedimiento que permiten manipular la fisiología reproductiva de la hembra mediante procesos como inseminación artificial, Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF) y transferencia de embriones.

La sincronización de celo se ha convertido en una herramienta relevante para mejorar la eficiencia reproductiva en los sistemas de producción bovina, que utilizan técnicas como la inseminación artificial, el descubrimiento, identificación y entendimiento fisiológico de hormonas como la progesterona, prostaglandina F₂α, hormona liberadora de gonadotropinas, gonadotropina coriónica equina, estrógenos, entre otras) permite hoy en día procesos como la inducción de celo, inducción y sincronización de la ovulación, a través de protocolos de

sincronización, los cuales han venido evolucionando a través del tiempo aumentando su efectividad y ofreciendo una variedad de los mismos según la necesidad fisiológica de cada animal.

Se encuentran protocolos simples a base de prostaglandina y progesterona y complejos derivados del Ov-Synch como el Co-Synch, Pre-Synch y J-Synch con o sin modificaciones. Estos protocolos son herramientas importantes en ganadería de carne, de leche y doble propósito y como biotecnologías reproductivas tienen un impacto importante en el mejoramiento genético en las producciones bovinas.

Palabras claves:

Inseminación, sincronización, hormonas, ciclo estral y bovino.

Abstract

As the studies, knowledge and identification of mechanisms of action and functions at the anatomical and physiological level of the reproductive system of bovine females have advanced, new techniques and procedures have been emerging that

allow the manipulation of the reproductive physiology of the female, through processes such as artificial insemination, Fixed Time Artificial Insemination (IATF) and embryo transfer. Heat synchronization has become a relevant tool to improve reproductive efficiency in bovine production systems, which use techniques such as artificial insemination, the discovery, identification and physiological understanding of hormones such as progesterone, prostaglandin F₂ α , prostaglandin-releasing hormone gonadotropins, equine chorionic gonadotropin, estrogens, among others) today allows processes such as heat induction, ovulation induction and synchronization, through synchronization protocols, which have evolved over time, increasing their effectiveness and offering a variety of them according to the physiological need of each animal.

There are simple protocols based on prostaglandin and progesterone, and complex derivatives of Ov-Synch such as Co-Synch, Pre-Synch and J-Synch with or without modifications. These protocols are important tools in dairy and dual-purpose cattle farming, and as reproductive biotechnologies they have an important impact on genetic improvement in bovine productions.

Keywords:

Insemination, synchronization, hormones, estrous cycle and bovine.

Introducción

La ganadería en Colombia cuenta con un hato de 29.634.852 de cabezas, (1). Esto habla de la importancia de la ganadería no solamente para el desarrollo rural del país, sino también por ser la fuente principal de proteína animal en la dieta de los colombianos; este sector agropecuario contribuye con el 6,8% del PIB nacional y, según las cifras del DANE para la vacunación, en el 2015 había 32 millones de cabezas de ganado, mientras que en 2022 se registraron más de 29 millones de cabezas. Desde esa cantidad considerable es factible ver que Colombia cuenta con grandes oportunidades en el mercado mundial de carnes, pues a sus ventajas comparativas se suma el fortalecimiento de la competitividad gracias a que sus indicadores de productividad y de reproductividad vienen mostrando mejorías desde hace una década(1).

En los sistemas de producción bovina, la reproducción se establece como uno de los eventos más importantes para alcanzar una mayor producción, ya que la producción de lactancias está relacionada directamente con el número de partos obtenidos de los vientres que conforman el hato bovino; debido a esto es importante establecer un plan de manejo reproductivo y así poder cumplir con la expectativa de obtener un ternero al año y por ende una lactancia al año y tener un sistema rentable y sustentable.

El aumento progresivo de la implementación de programas de

Inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en los últimos años, ha brindado numerosas ventajas a la industria bovina de carne y leche (2), con esta técnica existe la posibilidad de preñar varios animales al mismo tiempo, mejorar la genética del hato bovino, reducir temporadas de servicios y evitar la detección de celo, que es uno de los principales problemas que tenemos en las fincas, lo cual provoca el constante desarrollo de diferentes tratamientos para la sincronización de celos y de la ovulación para mejorar la eficiencia reproductiva, pero para que sean utilizados estos métodos de sincronización, se deben tener en cuenta el costo de las hormonas utilizadas, el costo de la implementación y el porcentaje de preñez; en conclusión, se debe tener en cuenta la relación costo/beneficio de los animales tratados.

Es así como el objetivo del presente trabajo es la revisión bibliográfica sobre la comparación de dos protocolos de sincronización de celo en la especie bovina.

Metodología

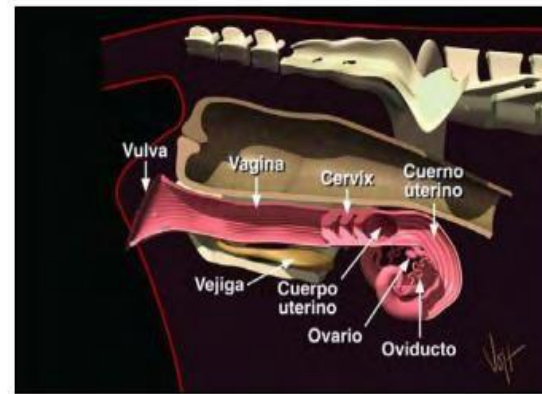
Se realizó una revisión bibliográfica con la búsqueda de literatura en Google académico, Scopus, Scielo de artículos y tesis, tanto en español como en una segunda lengua, sobre la comparación de protocolos de sincronización de celo en cuanto al

porcentaje de preñez en la especie bovina.

Marco teórico

Anatomía reproductiva

Demos una mirada a las partes que componen el aparato reproductor bovino (Ilustración 1). Hay dos Ovarios, dos Oviductos, dos Cuernos Uterinos, un útero, la Cérvix, la Vagina y la Vulva. La Vejiga está ubicada debajo del aparato reproductor, y está conectada a la apertura uretral en la base de la Vagina. El Recto está ubicado encima del aparato reproductor(3).



Ciclo estral

El ciclo estral en la vaca se puede definir como el período que hay entre un celo y otro, su duración promedio es de 21 días, con variaciones de 18 a 24 días. Este ciclo se caracteriza por la combinación de una serie de acontecimientos fisiológicos que comienzan en un período estral y terminan en el siguiente, este se divide en 4 fases o etapas (4).

- Etapa preovulatoria (estro o celo) es un período de aceptación para la receptividad sexual, durante este período la vaca acepta la monta (4).
- Etapa ovulatoria (Metaestro) es contemplado como el día siguiente del celo, es cuando se produce la ovulación y son liberados los óvulos contenidos en los folículos (4).
- Etapa lútea (Diestro) en esta etapa si la hembra queda preñada la hormona encargada de mantener la gestación es la progesterona liberada por el cuerpo lúteo, de lo contrario si la hembra no queda cargada, el útero envía, el día 16 o 17 del ciclo, una señal al ovario para que destruya el cuerpo lúteo, bajando los niveles de progesterona e iniciándose nuevamente el proestro, la hormona responsable de destruir el cuerpo lúteo es la prostaglandina F2 α (4).
- Etapa folicular o de regresión lútea (Proestro) durante este período se da el crecimiento de los folículos ováricos, los cuales liberan estrógeno para la aparición de un nuevo celo (4).

En la tabla 1 se explican los cambios en el ciclo estral del bovino, este regulado por las hormonas del hipotálamo (hormona liberadora de gonadotropinas, GnRH), la

pituitaria anterior (hormona folículo estimulante, FSH y hormona luteinizante, LH), los ovarios (progesterona, P4; estradiol, E2 e inhibinas) y el útero (prostaglandina F2 α , PGF) (5).

Tabla 1: Eventos fisiológicos relevantes durante el ciclo estral(5).

Fase	Características
Proestro (2-3 días)	-Incremento en la frecuencia de los pulsos de LH (maduración final del folículo) e incremento del E2 (comportamiento sexual). -P4 circulante baja debido a la regresión del cuerpo lúteo. Aumento de concentraciones de E2 (folículo preovulatorio) Pico de GnRH -Comportamiento estral (hembras receptivas y permiten ser montadas) - Preparación del aparato reproductor para copula: útero edematoso, vulva hinchada, eritematosa.
Estro (12-18 días)	-Receptividad sexual, acepta la monta y apareamiento. - Pico preovulatorio de GnRH e induce un pico de LH y FSH - Ovulación \pm 27 horas después del pico de LH.
Metaestro (3-4 días)	- Formación del cuerpo hemorrágico. - Termina receptividad sexual

Diestro (15 días)	-Incremento concentración de P4 en sangre cuerpo lúteo -Células lutenizadas (granulosa y teca) producen P4 - Regresión de cuerpo lúteo por efecto de PgF2 alfa uterina (mecanismo de contracorriente).
Anestro	- Opción nutricional o lactacional

Eventos reproductivos

A lo largo de la vida de una hembra, se debe registrar la eficiencia de sus parámetros reproductivos(6), esto para tomar una decisión, si se deja como reemplazo en el hato o descartarla.

Según(6) para que las hembras sean rentables dentro de una explotación, deben:

- Tener rápido crecimiento desde el nacimiento hasta la pubertad.
- Alcanzar la pubertad a edad temprana.
- Tener buenos parámetros de fertilidad.
- Producir crías viables.
- Producir leche suficiente para su cría y para la venta.
- Retornar temprano al estro durante el posparto para gestar nuevamente.
- Continuar produciendo crías y leche a intervalos regulares en su vida reproductiva.

Para que las hembras alcancen las características antes mencionadas dependen del cumplimiento de los parámetros reproductivos y así volver una finca o hato ganadero eficiente reproductiva y productivamente.

Protocolos de sincronización de celo

la “sincronización de celo”, es una técnica complementaria a la inseminación que “modifica los ciclos de un grupo de hembras, permitiendo que presenten un ciclo fértil en uno o unos días programados, pudiendo realizar IA, si se quiere sin detección de celos a tiempo fijo”(7). volviéndose esta técnica en una parte esencial e integral del manejo reproductivo en los sistemas de producción bovina, dándoles a los productores pautas para mejorar genéticamente y enseñándoles a que comprendan que un mal manejo en la detección de celos es el factor principal de un bajo porcentaje de efectividad en la utilización de una de las biotecnologías reproductivas como lo es la Inseminación Artificial y de una pobre eficiencia reproductiva en los hatos ganaderos.

Es evidente que la búsqueda para la solución de este problema de manejo llevó a idear mejores protocolos para la sincronización del celo y la ovulación, que al ser más eficientes durante el servicio permiten mantener índices de

fertilidad adecuados. Idealmente, un protocolo de sincronización del estro debe producir un estro fértil y una alta respuesta de sincronización, cuando es utilizado en un grupo de hembras (7).

En la actualidad muchos trabajos no hablan solo de sincronización del celo, sino también de sincronización de la ovulación, lo cual significa que el celo y la ovulación se sincronizan con el objeto de aumentar las posibilidades de éxito del servicio. Existen muchos protocolos disponibles en el mercado que tienen como fin aumentar la efectividad reproductiva en un hato ganadero.

Hormonas Utilizadas en la sincronización de celo

Uso de prostaglandinas

La PGF₂ α causa diversos cambios en el cuerpo lúteo, los cuales pueden provocar la ruptura o lisis. Este agente causa la vasoconstricción en los vasos que proporcionan sangre al cuerpo lúteo, regresiónándose por isquemia. Cuando la PGF₂ α se une a los receptores en las células luteales, disminuye la secreción de progesterona y se genera la ruptura o lisis celular, esto aumenta las concentraciones de calcio. Dicho esto, el calcio provocará que se degeneren las

células luteales a través de procesos de apoptosis(8).

Uso de GnRH

Ha quedado demostrado el uso de la GnRH, llevándola así a ser incluida en un programa nuevo de ovulación y sincronización del estro, por donde aumentó el porcentaje de vacas sincronizadas tras la administración de GnRH en 6 a 7 días y se disminuyó el periodo del estro en vacas generadoras de novillonas para carne (8).

Tratamientos con progestágenos

En el mercado se encuentran diferentes productos en presentación tanto parenteral como de dispositivos intravaginales que secretan esta hormona a través del epitelio de la vagina. Tales como: Sincrogest® DIV (1g progesterona) Lab. OUROFINO, Dispositivo Intravaginal Bovino DIB Lab. Syntex (0.5-1.0 g P4). Los dispositivos se implantan al inicio de un protocolo en combinación con hormonas parenterales y tienen una duración de 5 a 9 días, según el protocolo. GESTAVEC 25® (25 mg Progesterona) frasco de 10 ml Lab. VECOL, recomendado para mantener la preñez en animales con deficiencia de P4 a dosis de 2 - 4 ml por animal (9).

Estrógenos

Los estrógenos, son responsables del control de las funciones del sistema reproductivo, así como del desarrollo de características sexuales secundarias que aparecen durante la pubertad y la madurez sexual. El estradiol, es secretado principalmente por las células de la granulosa de los folículos ováricos(9).

Gonadotropina Coriónica Equina (eCG)

Según (8), la característica esencial de la gonadotropina coriónica equina (eCG) es que tiene propiedades farmacocinéticas debido a los niveles elevados de carbohidratos, también posee una vida media prolongada que con una sola dosis ayuda a su uso, por otro lado, la FSH indica que viven tiempo corto, por lo que requiere varias colocaciones y de manera que, puede aplicarse para terapia con gonadotropinas exógenas, si es necesario el estímulo de la foliculogénesis o el efecto de la FSH en ovarios con actividad nula o reducida.

Actualización de protocolos para la sincronización del celo

Basados en uso de progesterona: Los primeros estudios en la manipulación del ciclo estral bovino, se realizaron con la administración de progesterona (50 mg) la cual se llevó a cabo 4 a 7 días

consecutivamente, en una base de aceite vegetal. Las inyecciones comenzaron el día 14 o 15 posterior al celo detectado (CD) como se observa en la ilustración 2. El estro ocurriría en promedio, 5 días después del final del intervalo de inyección(9,10).

En un estudio realizado con vacas multíparas con 60 a 150 días abiertos, con Tratamiento (T) J-Synch (100 vacas), y Tratamiento Convencional (100 vacas), La concentración de E2 y P4 para el T J-Synch fué de 103,35 picogramos·mL⁻¹ (pg·mL⁻¹); 6,75 nanogramos·mL⁻¹ (ng·mL⁻¹) y T Convencional: 97,35 pg·mL⁻¹ y 15,24 ng·mL⁻¹, respectivamente. No se encontró variación en la concentración sérica de E2 en los dos protocolos y a pesar de que la concentración de P4 fue mayor en el T Convencional, no existió diferencia significativa en la tasa de preñez frente al T J-Synch (11); en otro estudio se utilizaron 141 vacas, utilizando protocolo basado en estrógenos más progesterona, en el día 24 se volvió a reinsertar el dispositivo intra vaginal por un período de 7 días, en el día 31 se realizó su retiro, y en el día 42

después de haber empezado todo el protocolo se realizó el diagnóstico de gestación. Los resultados obtenidos mostraron una tasa de preñez del 47% (12).

Tabla 2: Tasa de preñez de la población de estudio(12).

Tasa de preñez		
	Animales	%
Preñada	66	47
Vacías	75	53
Total	141	100

En otro estudio realizado se utilizaron sincronizadores de celo (dispositivo intravaginal CIDR), prostaglandina y benzoato de estradiol. 440 vacas fueron inseminadas a tiempo fijo, de las cuales 198 quedaron preñadas con un 45 % de gestación. En la sincronización de celo o estro, utilizando benzoato de estradiol y progesterona en bovinos para carne en los programas de inseminación artificial, se obtienen porcentajes preñez del 60 y 70 % y en los protocolos de sincronización con dispositivos intravaginales Co-Synch, se obtienen mayores tasas de preñez (42%). Con cipionato de estradiol los porcentajes de preñez son menores (39%). La presentación de celo en las vacas con estradiol es mayor (95%) con relación al de Co-Synch (85%)(13).

Investigaciones realizadas por (14)sobre el uso de dispositivos intravaginales con progesterona en vaquillonas para producción de

carne, utilizaron 333 novillas para producción de carne con 15 meses de edad y condición corporal promedio de 6 (escala 1-9). El 53.5% presentó un cuerpo lúteo activo al inicio del trabajo, distribuyéndose los animales al azar para ser inseminados en tres rangos horarios: I) 48-50 h; II: >50-53 h; III) >53-56 h, con este estudio se obtuvo porcentaje de preñez (I: 64.0%; II: 69.8%; III: 66.9%). Se concluye que en novillas para carne utilizando el protocolo de sincronización de la ovulación del estudio se puede realizar la IATF entre las 48 y 56 h pos-retiro del dispositivo sin afectar el porcentaje de preñez.

Tabla 3: % de preñez en novillas de 15 meses con protocolos con progestagenos en diferentes rangos de horas(14)

Horas	Novillas	preñez
	(n)	(%)
48-50	75	64
>50-53	129	69.8
>53-56	127	66.9
Total	331	67.4

En un estudio realizado en Canadá con 608 vacas Holstein, sometiéndolas a un Ovsynch de 7 días con o sin presincronización, recibiendo un PRID (dispositivo de aplicación intravaginal a base de progesterona) durante el protocolo Ovsynch, tuvieron una tasa de sincronización superior (78 frente a 71%) debido a que un menor número de vacas tuvieron ovulación prematura

(6 frente a 11%) comparado con aquéllas que no recibieron el PRID. La administración de un PRID tendió a aumentar las concentraciones de progesterona plasmática (4.4 ± 0.2 vs. 3.9 ± 0.2 ng/ml) y aumentó la preñez en vacas sometidas a un Ovsynch sin presincronización (41 vs. 25%) (15).

Protocolos basados en el uso de Pgf2 α : La dosis efectiva para hacer retroceder el CL que conduce el retorno al estro se identificó en un estudio de respuesta en 9 rebaños, en 1.215 hembras bovinas (novillas y vacas) y fue de 25 mg de PGF2 α IM. El estudio demostró que, en hembras bovinas cíclicas, la PGF2 α causa luteólisis en animales con un CL en la mitad de la fase lútea (funcional). Además, al administrar una segunda dosis, a los 11 días en novillas y 14 días en vacas, las hembras bovinas pueden ser sincronizadas e inseminadas a los 5 días posteriores a la segunda aplicación de PGF2 α , detectando el celo (9).

Ilustración 3: Protocolo de uso de dos dosis de PGF2 α con intervalo de 11 (9).



Ilustración 4: Protocolo de uso de dos dosis de PGF2 α con intervalo de 14 días en vacas (9).



En un estudio realizado con vacas CR, el tiempo de inicio del estro inducido con PGF2 α a la ovulación fue de 46.2 ± 8.2 h y de 37.6 ± 6.0 h en un estro natural (todas las vacas presentaron estro en un lapso de 24 a 60 h), con una proporción significativa de vacas que ovularon en el intervalo de 24 a 35 h, en el estro natural (8 vacas de un total de 22). En ambos tipos de estro, el mayor porcentaje de vacas ovularon en el intervalo de 36-47 h (12 vacas en el estro natural y 11 vacas en el estro inducido) (16).

Se realiza un estudio donde hacen una comparación de dos protocolos de sincronización el primero con progestágenos y el segundo con solo prostaglandina concluyendo que Con los resultados la respuesta en la variable tasa de estros se favorece al utilizar progestágenos comparado con sólo prostaglandinas y que las tasas de gestación se incrementan favorablemente al resincronizar y en consecuencia hacer un segundo y un tercer servicio (17).

Se evaluó el protocolo de doble dosis PGF e IACD, en 1.451 vaquillonas de razas de carne en condiciones de pastoreo extensivo y presuntamente ciclando. Y obtuvo un muy buen

porcentaje de concepción (78,4%), aunque el porcentaje de preñez fue del 49,4%. Esta diferencia se debe a que el porcentaje de animales inseminados fue menor que el total de animales sincronizados con dos dosis de PGF, debido a que algunas vacas no presentaron celo o éstos no fueron detectados (18).

Según (19), en un estudio que realizaron comparando 2 protocolos de sincronización con 116 hembras bovina para cada grupo, grupo 1 con doble dosis de aplicación de Prostaglandina y grupo aplicación 1 dosis de prostaglandina, mostrándose los resultados en la siguiente imagen:

Ilustración 5: Tasa de fecundación del grupo 1 con 116 hembras bovina, con una dosis adicional de prostaglandina (19)

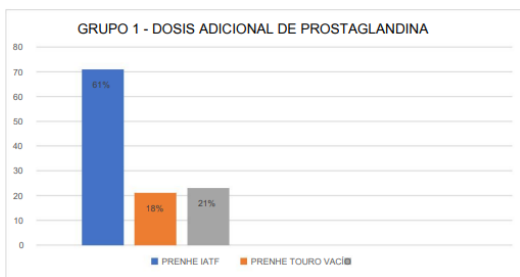


Ilustración 6: Tasa de fecundación del grupo 2 con 116 hembras bovinas, con protocolo IATF normal (19)

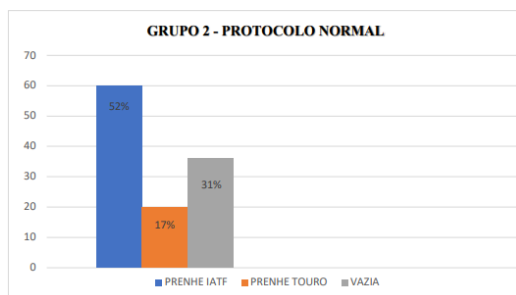


Ilustración 1 comparación de los grupos 1 y 2 en protocolo de IATF(19).

	PROTOCOLO DE IATF E REPASSE	
	GRUPO 1 - DOSE ADICIONAL DE PROSTAGLANDINA	GRUPO 2 - PROTOCOLO NORMAL
IATF	71 ANIMAIS	60 ANIMAIS
REPASSE TOURO	21 ANIMAIS	20 ANIMAIS
VAZIAS DESCARTE	24 ANIMAIS	36 ANIMAIS
TAXA FERTILIDADE	79%	69%
TAXA INFERTILIDADE	20%	31%

En el estudio anterior se puede observar que el grupo 1 que se aplico en el protocolo de IATF la doble dosis de prostaglandina obtuvo para la inseminación artificial una tasa de fecundidad del 61% en comparación al grupo 1 con una sola dosis de prostaglandina que obtuvo el 52% de tasa de fecundidad, se puede concluir que al utilizar doble dosis de prostaglandina en protocolo de sincronización a Tiempo fijo podemos esperar una fertilidad mayor.

Otro estudio similar al anterior mencionado, No se encontró diferencias significativas entre la tasa de preñez general entre tratamientos (51,61% y 61,29% para los grupos 1xPGF y 2xPGF respectivamente (20), pero difieren en la tasa de preñez obtenida en el grupo que utilizó dosis adicional de prostaglandina alcanzó aparente superioridad numérica en relación con el grupo de tratamiento con mono dosis, al igual que lo enunciado en otras investigaciones.

Tabla 4: Tasa de preñez en vacas de leche sincronizadas con dosis simple y dosis adicional(20)

Parámetros	Nivel	Preñez %	
		1xPGF	2xPGF
Edad	≤ 5	73,3	50,0
	> 5	31,3 ^a	68,4 ^b
Condición corporal	≤ 2,75	66,7	46,2
	> 2,75	45,5	72,2
Intervalo postparto	≤ 90	42,9	54,6
	> 90	58,8	65,0

Protocolos de sincronización basados en la combinación de prostaglandina F2α (PGF2α) y GnRH

Según (15) el desarrollo del protocolo Ovsynch se basa en la combinación de tratamientos para controlar la dinámica folicular y lútea de manera tal que el tiempo de ovulación pudiera ser sincronizado con precisión. La mejor ventana del ciclo estral para comenzar un programa Ovsynch es entre los días 5 y 10 del ciclo, debido a la presencia de un folículo dominante mayor a 10 mm lo que explica la tasa de ovulación después de la GnRH del 96% y una sincronización adecuada de la nueva onda folicular.

El Cosynch resulta de una modificación del Ovsynch o Presynch en la cual las vacas reciben la IATF inmediatamente después de la administración de la segunda inyección de GnRH (21).

El tratamiento con una prostaglandina F2α (PGF) 6 o 7 días después de la primera GnRH y la aplicación de una 2ª dosis de GnRH entre las 36 y 48 horas después de la PGF permitía hacer una IATF entre 16 y 20 horas después de la administración de la 2ª GnRH. Este protocolo que combina el uso de GnRH y PGF para realizar una IATF se denomina Ovsynch. La mayoría de los protocolos de IATF que se utilizan hoy en día son variaciones del protocolo Ovsynch; por ejemplo, el protocolo Cosynch es una modificación del Ovsynch, utilizado más frecuentemente en vacuno de carne, en el que la 2ª dosis de GnRH se administra a la vez que se realiza la IATF, para reducir de 4 a 3 el número de manejos de los animales, y por tanto el coste del manejo reproductivo(17).

Conclusiones

Los protocolos de sincronización han adquirido gran importancia, porque los productores buscan aumentar su productividad, y una vía para ello es haciendo el proceso de reproducción más eficiente, lográndose a través del uso de protocolos de sincronización del celo y/o la ovulación que ofrezcan las mejores ventajas y mayores beneficios al productor.

Partiendo de la revisión bibliográfica realizada, se aprecia que los métodos empleados para sincronizar el celo en

bovinos más importantes son los que se basan en el uso de inyecciones periódicas de prostaglandina F2 α , los que utilizan GnRH o dispositivos con progesterona, además de la adición de gonadotropina coriónica equina (eCG) a los tratamientos con dispositivos con progesterona y estradiol, ya que todos estos métodos posibilitan que se presenten altas tasas de preñez en vacas productoras de leche cíclicas y no cíclicas a través de la IATF. (Inseminación Artificial a Tiempo Fijo).

Se concluye que la administración de una dosis adicional de PGF tiende a aumentar el porcentaje de preñez en vacas de leche sincronizadas con protocolo CO-Synch. Ambos tratamientos de IATF demostraron ser eficientes para vacas de leche en producción, sin embargo, se aconseja optar por el tratamiento que demande menor manejo, a fin de optimizar recursos y ser más eficientes.

bibliografía

1. Fedegan. Inventario Ganadero. 2022.
2. Ittig JA. Universidad Nacional de Córdoba.
3. Mel De Jarnette, Ray Nebel. Anatomía y Fisiología de la Reproducción Bovina. 2011; 2011.
4. Cristina Barco Santamaría L. Comparación del porcentaje de preñez y días abiertos en vacas holstein con inseminación artificial a tiempo fijo vs inseminación artificial a celo detectado [Internet]. Available from: <https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia/359>
5. Alfonso D, Neira Z, Luis P, Sanchez N. Current Aspects On Gynecology And Obstetrics In Bovine.
6. Ramón Gasque Gómez. REPRODUCCIÓN BOVINA [Internet]. 2016. Available from: www.produccion-animal.com.ar
7. Bastidas Vallejo YE, Gómez Candel ME. Métodos de sincronización de celo en bovinos de leche aplicables para la meseta de Popayán. *Agricultura & Habitat*. 2019 Dec 11;2(2).
8. Suma Huamán Américo Boris. tesis [Internet]. 2023 [cited 2023 May 5]. Available from: <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/7363>
9. Andrey Obando Suarez D. Bases farmacológicas y actualización de la sincronización del celo bovino *Pharmacological bases and current aspects of bovine heat synchronization*. 2020.
10. FERNANDES ERL, MELO WGG de, SOUSA MP, CHAVES LDC da SC, SILVA LN da, COSTA TM, et al. uso de progestagenos. 2020;
11. Pilla-Campaña M, Yáñez-Avalos D, Ortega-Coello M, Aragadvay-Yungan R, Marini PR. Evaluación del efecto de dos protocolos de sincronización sobre los niveles de estradiol y progesterona en vacas doble propósito en la Amazonia Ecuatoriana. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias*. 2022 Dec 29;XXXIII(1):1–7.

12. Parra Matute MP. UCE-FMVZ-SUB-PARRA MARIO [Internet]. [Quito]: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Central del Ecuador; 2023 [cited 2023 May 6]. Available from: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/29645>
13. Villota Ruiz Kevin Joel. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS CARRERA MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA. 2022.
14. Monteserin J, Chayer R, Cabodevila J, Callejas S. Uso de dispositivos intravaginales con progesterona en vaquillonas para producción de carne: efecto del rango horario en que se realiza la inseminación artificial a tiempo fijo. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 2018 May 31;29(2):575–9.
15. Ré MG. Tratamientos que prolongan el proestro usando estradiol y progesterona en vaquillonas de leche. 2018.
16. Pérez-Ruiz E, Quezada-Casasola A, Carrera-Chávez JM, Álvarez-Holguín A, Ochoa-Rivero JM, Chávez-Ruiz MG, et al. Función ovárica y respuesta a la sincronización del estro en ganado Criollo en México. *Revisión. Rev Mex Cienc Pecu*. 2022 May 16;13(2):422–51.
17. Moncada Hernández Mario. RESPUESTA A PROTOCOLO DE SINCRONIZACIÓN DE ESTRO CON PROGESTERONA O PROSTAGLANDINAS EN VACAS Y VAQUILLAS DOBLE PROPÓSITO [Internet]. 2019 [cited 2023 May 7]. Available from: <http://localhost:8383/jspui/handle/123456789/896>
18. Roggero AE. UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO CUARTO FACULTAD DE AGRONOMIA Y VETERINARIA. 2019.
19. Oliveira AG de, Menegoti JP. UTILIZAÇÃO DE DUAS APLICAÇÕES DE PROSTAGLANDINA NO PROTOCOLO DA IATF: BUSCA DO AUMENTO DA TAXA DE FERTILIDADE DAS MATRIZES. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*. 2022 Nov 18;8(10):4376–96.
20. Ochoa Mejía Emili Paul, Ochoa Méndez Rafael Antonio, Bó Gabriel Amilcar. Efecto de una dosis adicional de prostaglandina sobre la tasa de preñez en vacas lecheras sincronizadas con protocolo CO-Synch. *Ecuatoriana de Ciencia Animal*. 2019;3(2602–8220):1–6.
21. Díaz Arias NA. Biotecnología aplicada en el control y manipulación del ciclo estral de bovinos. 2021.