

ACTUALIZACIÓN EN LOS PROTOCOLOS DE INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A
TIEMPO FIJO(IATF) EN BOVINOS.

UPDATE ON FIXED-TIME ARTIFICIAL INSEMINATION (IATF) PROTOCOLS IN
CATTLE.

Presentado por:

Carlos Alberto Guevara García

carlosa.guevara@campusucc.edu.co

Diego Fernando Buitrago Toro

diego.buitragot@campusucc.edu.co

Seminario de Profundización de Reproducción Bovina

Universidad cooperativa de Colombia

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Ibagué - Tolima

2021



ACTUALIZACIÓN EN LOS PROTOCOLOS DE INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A
TIEMPO FIJO(IATF) EN BOVINOS.

UPDATE ON FIXED-TIME ARTIFICIAL INSEMINATION (IATF) PROTOCOLS IN
CATTLE.

Docente:

Lilian Bonilla León Mvz, MSc.

Universidad cooperativa de Colombia

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Ibagué -Tolima

2021

RESUMEN

La sincronización de celo en bovinos es una herramienta que favorece a los diferentes productores con el fin de aumentar la eficiencia reproductiva y así mismo su rentabilidad del hato tanto en ganaderías productoras de leche como de carne y el doble propósito, con las diferentes alternativas que buscan favorecer y aumentar la rentabilidad disminuyendo el intervalo de partos y así mismo obteniendo genética de gran calidad para así destacar lo mejor en su descendencia. El uso de hormonas exógenas (progesterona, prostaglandina F2 α , hormona liberadora de gonadotropinas, gonadotropina coriónica equina, estrógenos, entre otras) nos favorece a tener un control del ciclo estral, para así realizar la inseminación a tiempo fijo (IATF) en un momento esperado. Hoy en día estos protocolos han avanzado con las nuevas investigaciones y estudios los cuales nos favorecen ya que nos permite conjugar las diferentes hormonas para así obtener una alta eficiencia en el momento de realizar la inseminación (IA). En el mercado se encuentran diferentes protocolos los cuales consisten en protocolos a base de prostaglandina y progesterona, y otros más complejos como lo son los protocolos Ov-Synch, Co-Synch (5 y 7) Pre-Synch y J-Synch con o sin modificaciones. Todos estos protocolos son de gran importancia para las diferentes ganaderías tanto como de carne como de leche y el doble propósito, los diferentes protocolos generando un impacto favorable en la biotecnología reproductiva ya que brinda un gran potencial para el mejoramiento genético y la disminución de intervalo entre partos.

Palabras claves: Inseminación, hormonas, estro, bovino, biotecnología.

Abstract

The synchronization of heat in cattle is a tool that favors farmers to increase reproductive efficiency and their profitability of the herd both as dairy and meat producing herds and the dual purpose, with the different alternatives that seek to favor and increase the profitability reducing the calving intervals and obtaining high quality genetics to obtain the best in their offspring. The use of exogenous hormones (progesterone, prostaglandin F2 α , gonadotropin-releasing hormone, equine chorionic gonadotropin, estrogens, among others) favors us to have control of the estrous cycle, to carry out insemination at a fixed time (IATF) at an expected time. Today these protocols have advanced with new research and studies which favor us since it allows us to combine the different hormones to obtain high efficiency at the time of insemination (AI). In the market there are different protocols which consist of protocols based on prostaglandin and progesterone, and others a little more complex such as the Ov-Synch, Co-Synch (5 and 7) Pre-Synch and J-Synch protocols with or without modifications. All these protocols are of great importance for the different herds both as meat and milk and the dual purpose, all these protocols

generating a favorable impact on reproductive biotechnology as it has great potential for genetic improvement and the reduction of the interval between deliveries.

Key words: Insemination, hormones, estrus, bovine, biotechnology.

INTRODUCCIÓN

La inseminación artificial a término fijo (IATF), es una herramienta que se utiliza en la biotecnología de la reproducción, la cual nos permite generar un manejo óptimo y adecuado del material genético. (1); para lograr una mayor expresión genética de acuerdo a la producción que se esté trabajando (producción cárnica, lechera o doble propósito), lo anterior descrito se logra por medio de la sincronización de los celos y ovulación en los bovinos, mediante la utilización de protocolos hormonales que generan un mayor número de inseminaciones en un periodo corto de tiempo.(2). La IATF aumenta el porcentaje de preñez en un hato sin la necesidad de detectar celos, siendo esta detección una de las labores más difíciles de conseguir en condiciones de campo. (3).

El objetivo de esta revisión es describir los protocolos de inseminación artificial a término fijo que se han desarrollado a través del tiempo, fundamentando su funcionamiento desde la dinámica folicular bovina y el ciclo estral.

ANTECEDENTES

En Colombia actualmente el 70 % de la ganadería está dedicada a la producción de carne, conformados principalmente por razas *bos-indicus*, estas ganaderías implementan poco las biotecnologías reproductivas en los sistemas productivos, aún se recurre a métodos como la monta natural o sistema multitoro lo que hace poco eficiente y competitivo al país frente a los demás, se describe que solo el 20-25 % acceden a estas biotecnologías. (4);(5). Por esto nace la necesidad de conocer, manejar y aplicar los protocolos de IATF que permitan a los sistemas productivos a tener mayores y mejores índices de conversión que se retribuyen en animales de alta calidad genética con mayor remuneración económica.

BENEFICIOS DE IMPLEMENTAR INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO (IATF)

- Reducir el intervalo entre partos
- Reducir el impacto de enfermedades venéreas
- Inducir estro en vacas que se encuentran en anestro(6).

FACTORES PARA CONSIDERAR EN UNA IATF

En el programa IATF, para lograr buenos resultados, se requieren algunos parámetros, como un sistema de pastoreo y / o reposición ordenada en diferentes épocas del año, y una estricta selección de hembras aptas para la reproducción.

Para ello se describen los siguientes Puntos a considerar:

1. Evaluar la condición corporal.

2. Utilizar instalaciones en buenas condiciones para respetar y cumplir los tiempos programados de la IATF
3. Contar con personal capacitado para el manejo y monitoreo.
4. Utilizar semen bajo las normas establecidas.(7).

FISIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE LA HEMBRA BOVINA

La expresión del comportamiento de estro es el resultado de un incremento progresivo en los niveles de 17β -estradiol producido por un folículo dominante, el cual estimula los demás signos concomitantes con el pico ovulatorio de la hormona luteinizante (LH). El ciclo estral está conformado por cuatro fases continuas: Proestro, estro, metaestro y diestro, durante las cuales sucede una serie de cambios en las estructuras ováricas y concentraciones de hormonas que interactúan para que la vaca pueda estar ciclando.(8).

Hormonas de la reproducción

Por ser el hipotálamo el componente del sistema nervioso central que regula todas las señales provenientes de neuronas corticales y del tálamo, que le indican al individuo el estado nutricional del animal y su relación con el entorno, se considera la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) como la hormona responsable de iniciar todos los procesos reproductivos.(9).

GNRH (Hormona Liberadora De Gonadotropinas)

La GnRH es el enlace entre el sistema nervioso central y el sistema reproductivo.(9).

La acción final de la GnRH es inducir la secreción de FSH y LH de los gonadótropos que son importantes para el crecimiento folicular, la maduración y, en última instancia, la ovulación con la formación subsiguiente del cuerpo lúteo (CL). (10).

Existen compuestos análogos exógenos de tipo natural y sintético que pueden ser utilizados en los protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). ver tabla1.

Derivados sintéticos	1. Buserelina	Inducción de la ovulación, tratamiento quistes foliculares
	2. Buserelina acetato	Inducción de la ovulación, tratamiento de quistes foliculares
	3. Gonadolerina-HCl	Sincronización de la ovulación en IATF
	4. Gonadolerina-acetato	Sincronización de la ovulación en IATF
	5. Gonadorelina-acetato	Quistes foliculares, sincronización en IATF
	6. Gonadolerina acetato	Inducción de la ovulación
	Gonadolerina di-acetato	Quistes foliculares, IATA, inducción de la ovulación.

Tabla 1. GnRH y sus análogos sintéticos de uso frecuente en la práctica reproductiva bovina (productos aprobados por la FDA, 2017) adaptado de(9).

Hormonas glicoproteínas

Las hormonas glicoproteicas son glicoproteinas producidas en la hipofisis anterior (gonadotropinas hipofisarias) y producidas en la placenta (gonadotropinas corionicas).

Dentro de las gonadotropinas hipofisarias se comprende la hormona foliculoestimulante (FSH) y hormona luteinizante (LH) y las gonadotropinas corionicas se comprende la hormona gonadotropina corionica equina (eCG) y gonadotropina corionica humana (hCG). Estas hormonas son liberadas por la accion de la hormona liberadora de gonadotropinas y tienen como organos blancos, los organos reproductivos, en este caso los ovarios de la vaca. La FSH presenta accion sobre las celulas de la granulosa de los foliculos ovaricos desde el estadio antral microscopico hasta el estadio antral previo a la atresia ejercida por el foliculo dominante, en donde inducen la cascada enzimatica responsable de la produccion de estrógenos.(9)

La LH tiene efecto sobre las celulas de la Teca interna en los foliculos en estadios antrales, en donde induce la cascada enzimatica responsable de la produccion de andrógenos, los cuales a su vez serán usados como sustrato para la produccion de estrógenos por las celulas de la granulosa; y sobre las celulas de la granulosa del foliculo dominante preovulatorio, en donde inducirán el cambio de las enzimas de produccion de estrógenos, a la expresion de las enzimas responsables de la produccion de progesterona. En el primer caso (efecto sobre la Teca interna), el efecto es mediado por los picos basales de la LH que ocurren a lo largo del diestro; en el segundo caso (efecto sobre la granulosa), el efecto es mediado por el pico preovulatorio de la LH que ocurre en el estro.(9).

El eCG es un fármaco que se une a los receptores de la hormona estimulante del folículo (FSH) y de la hormona luteinizante del folículo (LH) y a los receptores de la LH en el cuerpo lúteo (CL), aumentando su diámetro y capacidad esteroidea(11). La eCG se usa como fuente de FSH y LH en protocolos de inducción de protocolos de superovulación. Los preparados comerciales tienen un 85% de efecto LH y un 15% de efecto FSH.(9).

Esteroides reproductivos

Los esteroides sexuales comprenden los andrógenos, los estrógenos y los progestágenos(9). Los esteroides sexuales son hormonas de naturaleza lipídica derivados del colesterol, comprenden los andrógenos, los progestágenos y los estrógenos.(9). Los esteroides reproductivos se producen en consecuencia al estímulo por parte de las hormonas gonadotrópicas (FSH, LH, eCG, hCG) sobre los órganos reproductivos de la hembra y el macho, los estrógenos se producen a partir de la acción que ejercen la FSH Y LH sobre las células de la granulosa y las células de la teca, la progesterona se producirá a partir del cuerpo lúteo que se genera posterior a la ovulación por acción de la LH. La progesterona (p4) es la hormona responsable de la implantación y el mantenimiento de la gestación en la mayoría de las hembras. En presencia de un cuerpo lúteo (CL) funcional, la progesterona parece bloquear los efectos estimulantes del estradiol en el hipotálamo(12). De ahí su uso como uno de los productos para los protocolos de sincronización del estro y protocolos de IATF.(9); el estradiol aumenta la secreción hipotalámica de GnRH, lo que eventualmente conduce al pico preovulatorio de GnRH, que posteriormente inicia el pico de LH(12).

Algunos de los productos utilizados como progesterona descritos por(9) en los protocolos de sincronización evidentes en la (tabla 2).

Productos descritos con los protocolos con progesterona	Descripción
Crestar	DIB implante de 1.5 mg/durante 8 a 11 días.
DIB	implante intravaginal removible, 0.75 a 1.5 mg/dispositivo (8-11 días)
CIDR	implante intravaginal removible, 1.5 mg (8-11 días).
Gestavec-25	preparado comercial de aplicación intramuscular (25mg/ml): 2-4 ml.

Tabla 2. Productos descritos con los protocolos con progesterona. Adaptado de(9)

Los productos utilizados como estrógenos propuestos por(9)son. ver tabla 3.

tabla 3. Productos descritos en los protocolos con estrógenos adaptado de(9)

Productos descritos en los protocolos con estrógenos	Descripción
Benzoato de estradiol (BE)	Vía I.M, 1.0 a 2.0 mg/vaca, una sola dosis.
Valerato de estradiol (VE)	Vía I.M, 1.0 a 2.0 mg/vaca, una sola dosis
Cipionato de estradiol (CE)	Vía I.M., 1.0 a 2.0 mg/vaca, una sola dosis.

Prostaglandinas

La prostaglandina fue descubierta en 1930 como una sustancia en el semen humano, y en vesículas seminales de ovinos que causaba una contracción muscular lisa y aumento de la presión sanguínea. Esta sustancia fue llamada prostaglandina porque provenía de la próstata(13).

La prostaglandina $F_{2\alpha}$ es una hormona que desencadena la luteólisis en las vacas, induciendo el final de la fase lútea(14). La $PGF_{2\alpha}$ se produce en las células endometriales, durante el diestro, cuando no hay un embrión en su estado pre-implantatorio para que produzca la señal anti-luteolítica.(9)

La PGF2 α o sus análogos han sido usados para la inducción del celo en vacas después de la superovulación (SPO), y en promedio entre 60 y 85% de las vacas muestran celo dentro de los 10 días siguientes al tratamiento(13). algunos de los productos utilizados en IATF son. ver tabla 4.

1. Dinoprost	Sincronización del estro
2. D-cloprostenol	Inducción del parto
3. DI-cloprostenol	Inducción del parto

Tabla 4. Productos con sus indicaciones. adaptado de (9).

CICLO ESTRAL

Se conoce como ciclo estral el conjunto de eventos fisiológicos que tienen lugar entre un celo o estro y el siguiente. En la especie bovina tiene una duración normal de 18 a 24 días, 21 en promedio. (15). El ciclo se puede dividir en dos fases: fase lútea y fase folicular. La fase folicular se refiere al período de tiempo que va justo antes del estro y hasta la ovulación y comprende 3 etapas: Proestro, estro y metaestro.(15); (16). Y la fase lútea corresponde a la fase donde hay presencia de cuerpo lúteo conocida como diestro.

Proestro

puede durar entre 2 y 3 días, la hormona foliculoestimulante (FSH) induce el rápido crecimiento de un folículo ovárico dominante que produce una alta concentración de estrógenos (E2).(15).

Estro

La continua producción de estrógenos por el folículo en desarrollo genera un pico en la liberación de LH y FSH por la glándula hipófisis, lo cual estimula la máxima producción de estrógenos por el folículo.(8). aparecen los primeros signos de celo y debiera ocurrir la cópula. La duración del celo es muy variable, pero se considera que en promedio son 16 horas con un margen de 4 h de diferencia. (15).

Metaestro

El periodo de tres a cuatro días siguientes al celo se conoce como metaestro. El pico de LH y FSH que se presenta durante el estro, genera la ruptura del folículo alrededor de unas 30 horas después de haber comenzado la “monta estática” (8). La ovulación marca la transición de la fase folicular a la fase lútea o diestro, que es la etapa más extensa del ciclo.(15).

Diestro

Las células de la teca y de la granulosa sensibilizan el folículo colapsado a la acción de la LH para que comience la formación del cuerpo amarillo o cuerpo lúteo (CL), que va a producir progesterona.(8). cuya función es preparar al útero y mantener una posible preñez si el óvulo es fecundado. El cuerpo lúteo madura y aumenta de tamaño, alcanzando su tamaño máximo y mayor producción de progesterona a mitad del ciclo (entre los días 9 y 10). Si el óvulo no se fertiliza o el embrión temprano

no se desarrolla, el útero libera la hormona Prostaglandina F2- (días 16 a 20) que induce la regresión del cuerpo lúteo (luteolisis) y por tanto la disminución en los niveles de progesterona. Como resultado comenzará a aumentar la cantidad de FSH, y comenzará el siguiente ciclo.(15).

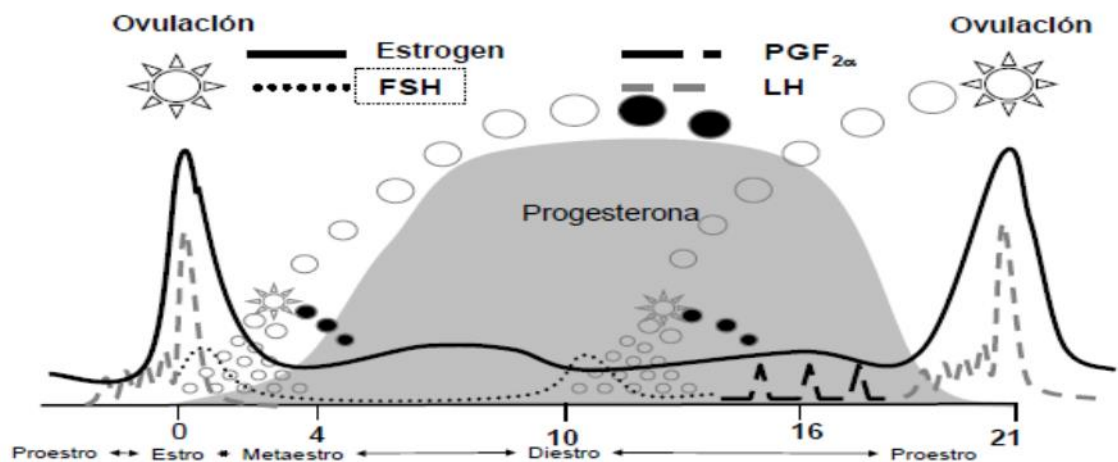


figura 1. Representación del ciclo estral. (Rippe C, 2009)

Dinámica folicular

Comprender la dinámica ovárica permite el desarrollo de regímenes de tratamiento para controlar el ciclo estral y sincronizar el tiempo de ovulación entre los animales, facilita el uso de inseminación artificial de tiempo fijo.(17). la dinámica folicular se produce desde las primeras semanas de desarrollo embrionario y al nacimiento la hembra posee un pool de folículos que podrá utilizar potencialmente durante su vida. (18). El comportamiento del crecimiento de los folículos está mediado por el control de las diferentes hormonas reproductivas, quienes cumplen la función de

permitir la producción armónica y constante de folículos en ondas, las cuales presentan actividad durante el ciclo y los primeros tres meses de la gestación, según el número de ondas e identificación de las mismas es posible manipular los días del ciclo con el fin de realizar un protocolo de IATF, existe diferencias en el número de ondas y número de folículos entre *Bos Taurus* y *Bos Indicus*.(19). se encontraron hasta 6 ondas foliculares dentro un ciclo estral en vacas de raza cebuina desarrolladas en el trópico colombiano, mientras que las vacas de raza Holstein (*Bos Taurus*) presentan de dos a tres ondas foliculares por ciclo, igualmente en el número de folículos por ondas también se ve reflejado diferencias significativas entre *Bos Indicus* (33,4 folículos por onda), *Bos Taurus* (25,4 folículos por onda)(18).

El crecimiento de los folículos esta mediado por la producción de FSH Y LH por parte de la neurohipófisis, las cuales permiten la producción de estrógenos por parte de las células de la granulosa; en la dinámica folicular se destacan tres procesos, **el reclutamiento** en el cual una cohorte de folículos se prepara para crecer e iniciar con una nueva onda folicular, **selección**, por el cual un solo folículo evade la atresia folicular y sigue en continuo crecimiento hasta alcanzar un tamaño preovulatorio (8,5 mm) y **dominancia**, en el cual el folículo alcanzó su tamaño ovulatorio y se prepara para su posterior ovulación.(20).

SINCRONIZACIÓN DE CELOS CON PROSTAGLANDINA F2 α .

Para minimizar estos costos y mano de obra, se han desarrollado protocolos de sincronización de la ovulación a corto plazo que implican la administración de prostaglandina F2 α (PGF2 α) al inicio del programa. (21). Los protocolos propuestos

para la sincronización de celos con $\text{PGF2}\alpha$ se basan en su acción luteolítica. Por lo tanto, es necesario la existencia de un cuerpo lúteo sensible a la acción de la PGF2a exógena que se administra para esperar resultados. Todo esto es debido a que la acción de la PGF2a simula el proceso normal de la luteólisis (21). Las técnicas de sincronización de celos con análogos de $\text{PGF2}\alpha$ se emplean rutinariamente tanto en explotaciones lecheras como en rodeos de cría. Se basan en la capacidad de las prostaglandinas para provocar la regresión morfológica y funcional del cuerpo lúteo del ciclo; como consecuencia de su acción sólo se puede aplicar en animales cíclicos y durante la fase luteal del ciclo (20).

Doble aplicación de prostaglandinas

En la totalidad de los animales el método tradicional de utilización de las prostaglandinas con el objetivo de sincronización de celos prevé la utilización de dos dosis de hormona aplicada con un intervalo de 12 a 14 días. La primera aplicación en rodeos cíclicos normalmente el efecto luteolítico se da aproximadamente en el 60% de las vacas, con la segunda aplicación de prostaglandina se introduce en estro a la totalidad de los animales, a partir de las 48 horas de la segunda aplicación se comienza a detectar celo e inseminar por 2 a 3 días (7). Como se describe en (figura 2).



Figura 2. Protocolo basado en doble aplicación de prostaglandinas. Adaptado de

(7)

Doble aplicación de Prostaglandina con inseminación después de la primera y segunda dosis

Este método consiste en una variante del procedimiento descrito anteriormente utilizado para inseminar vacas que entran en celo después de la primera aplicación de prostaglandina. Los animales son observados después de la primera aplicación por doce días. Los que no se detectaron en celo, reciben una segunda dosis de prostaglandina y son inseminados cuando demuestran el celo, que se da la mayoría de las veces entre las 48 y 96 horas (7). Como se interpreta en (figura3).

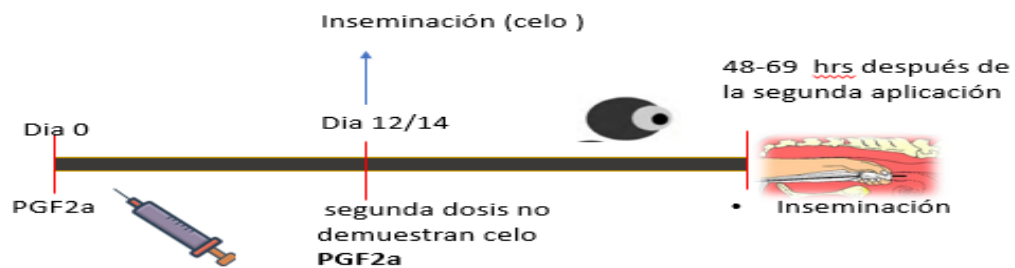


Figura 3. Protocolo basado en la doble aplicación de Prostaglandina con inseminación después de la primera y segunda dosis, adaptado de (7)

Prostaglandina + Benzoato de estradiol

Este protocolo descrito por (21). se basa en la aplicación de PGF2alfa el día cero, 24 horas después una dosis de benzoato de estradiol (BE) y realizar la IATF 24 horas después de la aplicación del BE. Como se evidencia (figura 4).



Figura 4. Protocolo basado en el uso Prostaglandina + benzoato de estradiol, adaptado de (21)

SINCRONIZACIÓN DE LA OVULACIÓN

Los protocolos de sincronización a menudo implican el uso de un dispositivo de liberación de progesterona intravaginal durante 5 a 9 días, PGF2 α en el momento de la extracción del dispositivo y tratamiento con LH, GnRH o estradiol 24 a 72 horas después para inducir la ovulación.(22). Los tratamientos hormonales tienen como objetivo lograr cuatro resultados fisiológicos: 1) sincronizar una onda folicular ovárica,2) optimizar las condiciones para el desarrollo del folículo ovulatorio,3) sincronizar la regresión del cuerpo lúteo (CL), y 4) sincronizar la ovulación. (23)

Protocolos de sincronización basados en estradiol y progesterona

Recientemente, se han estudiado muchos protocolos de sincronización de la ovulación en vacas cebú (24). Con estos protocolos, se ha utilizado la administración de un dispositivo de progesterona (P4) y estradiol para sincronizar el tiempo de aparición de una nueva ola de desarrollo folicular ovárico en vacas. (25)

Estos protocolos son utilizados para sincronizar la emergencia de la onda folicular y llevar a cabo una posterior ovulación, para esto se empieza en el día 0 con la aplicación de un dispositivo intravaginal impregnado de progesterona y 2mg de benzoato de estradiol (BE) por vía intramuscular; Día 7 o 8 se retira el dispositivo intravaginal y se aplica 2 ml por vía intramuscular de prostaglandina F2 α (PGF2 α) la cual asegura el proceso de luteólisis; pasadas 24 horas (Día 9) de retirar el dispositivo se procede con una nueva aplicación de BE a razón de 1 mg que promueve y sincroniza el pico de hormona luteinizante (LH), para realizar la IATF alrededor de las 48 a 56 horas después haber retirado el dispositivo (26). Sin embargo, el protocolo tradicional en el que se administra EB el día 9; requiere el confinamiento de las vacas en las instalaciones para la administración del tratamiento al menos cuatro veces para realizar IATF lo que implica una desventaja para el manejo reproductivo (25). Como se encuentra planteado en (figura 5).

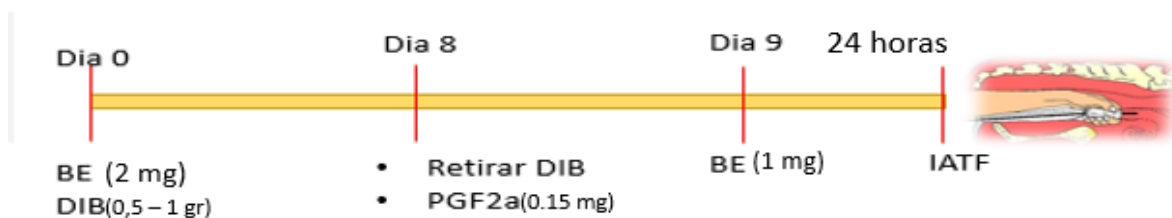


Figura 5. Protocolo basado en el uso de estradiol y progesterona, adaptado de (26)

Para disminuir el número de veces que las vacas deben ser manejadas en instalaciones de confinamiento, se administró EB en el momento de la remoción del dispositivo P4 (25). Interpretado en (figura 6).

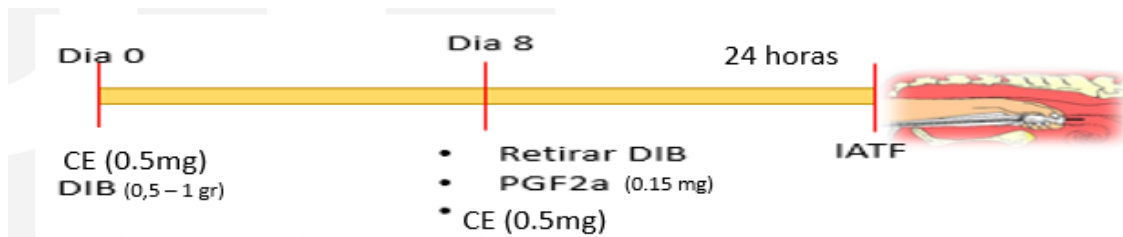


FIGURA 6. Protocolo de sincronización Basado en Progesterona y Estradiol, adaptado de (25)

Protocolo implementando gonadotropina coriónica equina (eCG)

La gonadotropina coriónica equina (eCG) surge como alternativa para mejorar el desarrollo folicular y aumentar las concentraciones de estradiol. La eCG es una glicoproteína de larga vida media, que en la vaca tiene un efecto similar a la FSH y LH y podría ser utilizada para estimular el crecimiento de los folículos en los protocolos de sincronización (3).

El tratamiento se inicia el día 0 con la aplicación de un dispositivo intravaginal impregnado de progesterona (P4) y una dosis de 2mg de benzoato de estradiol (BE), el día 6 se debe aplicar una dosis de gonadotropina coriónica equina (eCG) de 400(UI), a las 48 horas que sería el día 8 se procede a retirar el dispositivo

intravaginal y se aplica una dosis de prostaglandina F_{2α} (PGF_{2α}), a las 24 horas se aplica 1mg de benzoato de estradiol (BE) y a las 54 horas de haber retirado el dispositivo intravaginal se hace la IATF que sería en el día 11 (27).tal y como se observa en la (figura 7).

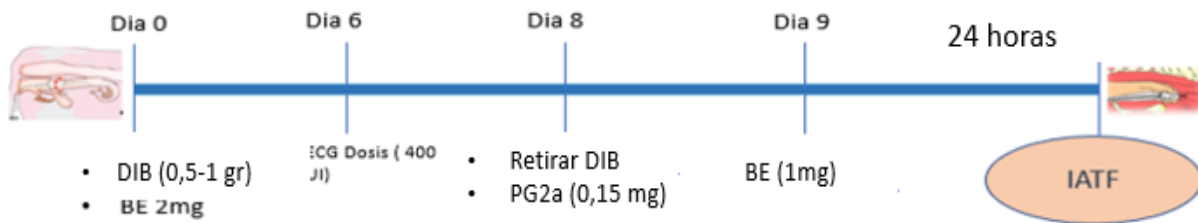


Figura 7. Protocolo Usando Gonadotropina Coriónica Equina (eCG), adaptado de (27)

Otro protocolo planteado por (24), sugiere la administración de eCG + PGF_{2α} al momento de retirar el dispositivo, como se evidencia (figura 8). con el fin de reducir el número de veces que las vacas deben ser manejadas en la manga ganadera, igualmente planteado por (24) se sugiere la administración de eCG + CE o BE junto con PGF_{2α} al momento de retirar el dispositivo de P4

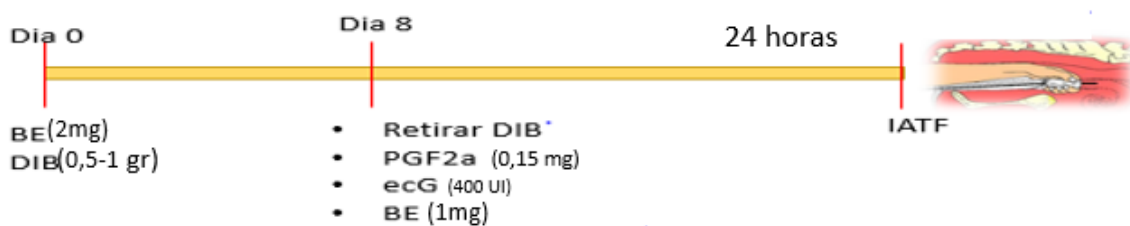


Figura 8 Protocolo modificado eCG + estradiol, adaptado de (24)

Protocolo de sincronización ovsynch y sus modificaciones Ovsynch

El protocolo Ovsynch (GPG) sincroniza el desarrollo folicular, la regresión lútea y la ovulación, de modo que la IA puede efectuarse a tiempo fijo (IATF) sin necesidad de detección del celo (28).

Consiste en una primera aplicación en el día 0 de hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) a una dosis de 100µg; seguido de la PGF2α (PGF2α) 2ml vía intramuscular al día 7 para la regresión del cuerpo lúteo y luego una segunda aplicación al día 9 de hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) (29). llevando a una nueva liberación de la hormona luteinizante (LH) y la ovulación de un folículo dominante aproximadamente 30 horas después, por lo tanto, se procede a realizar la IATF de 16 a 20 horas antes de la ovulación (30). Así como en (figura 9).



Figura 9. Protocolo Ovsynch, adaptado de (30)

Presynch-Ovsynch

A pesar de las mejoras en la nutrición, la comodidad de las vacas y la selección genética para la eficiencia reproductiva que se han producido durante la última década, los embarazos por inseminación artificial siguen siendo bajos (31). Se han desarrollado estrategias de presincronización que aumentan la fertilidad optimizando el medio hormonal en el que crece el folículo ovulatorio (31). Se han

descrito diferentes protocolos de presincronización, los cuales consisten en proporcionar una optimización para la primera dosis de GnRH correspondiente al protocolo Ovsynch; tales como la aplicación de dos dosis de prostaglandina (29). el uso de PGF2 α más GnRH propuestos en diferentes días de aplicación de GnRH, 4 días antes de Ovsynch (G4G), 5 días antes de Ovsynch (G5G), 6 días antes de Ovsynch (G6G) (32). y la aplicación de GnRH 7 días antes de Ovsynch (31). Tal cual (figura 10).



Figura 10. Protocolo Presynch-Ovsynch, adaptado de (31)

Doble Dosis de PGF2 α Previas al Ovsynch

La presincronización de vacas con 2 inyecciones de prostaglandina (PGF2 α +PGF2 α) administradas con 14 días de diferencia (Presynch-Ovsynch) es un procedimiento ampliamente adoptado para aumentar la preñez por inseminación artificial para el primer servicio (29). en un protocolo (PGF2 α +PGF2 α) se pueden observar 2 estrategias de manejo diferentes. O bien todas las vacas son inseminadas por tiempo (IATF) o las vacas detectadas en celo después de la

segunda inyección de PGF2 α son inseminadas y las vacas restantes sin signos de estro estarán sujetas a IATF (33).

El protocolo PGF2 α +PGF2 α consiste en la aplicación de 25 mg de PGF2 α , repitiendo la misma dosis a los 14 días, y posteriormente (14 días) aplicar la primera dosis de GnRH correspondiente al protocolo Ovsynch (34). Justo como (figura 11)

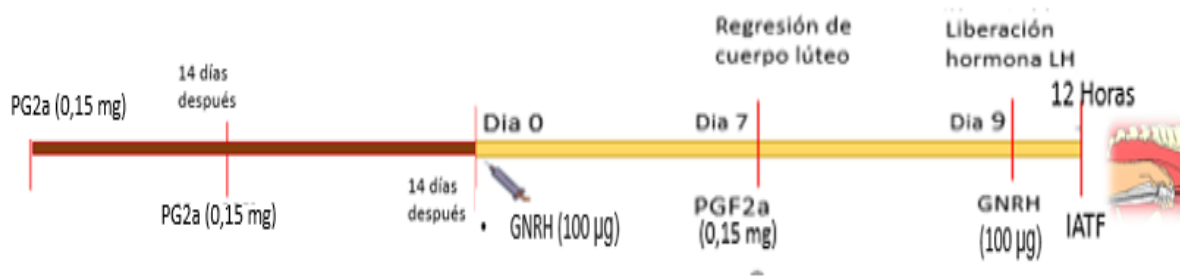


Figura 11. Protocolo Presynch-Ovsynch (PGF2+PGF2), adaptado de (34)

Presincronización implementando PGF2 + GnRH

el objetivo de realizar este protocolo de presincronización tiene como fin aumentar la tasa de sincronización del protocolo Ovsynch (35). de los cuales se derivan tres diferentes métodos de presincronización.

G4G, consiste en la aplicación de 25 mg de PGF2 α , dos días después la aplicación de 100 μ g de GnRH y 4 días después iniciar el protocolo Ovsynch, tal y como se implementa (figura 12).

G5G Y G6G varían en los días en que se aplica la GnRH antes de iniciar el protocolo Ovsynch 5 y 6 días respectivamente(35).



Figura 12. Protocolo Presynch-Ovsynch (PGF2α+GnRH), adaptado de (35)

GnRH 7 días antes de Ovsynch

Este protocolo de presincronización se basa en la aplicación de 100 µg de GnRH 7 días antes del protocolo Ovsynch(35). Como se muestra en la (figura 13).



Figura 13. Protocolo Presynch-Ovsynch GnRH 7 días antes de Ovsynch, adaptado de (35)

Doble ovsynch

Doble Ovsynch es otro protocolo que incluye una presincronización de PGF2α y GnRH (36). Básicamente, el protocolo doble Ovsynch implica dos protocolos Ovsynch seguidos uno del otro, con el tercer tratamiento de GnRH administrado 7 días después del segundo. En el día 0 se administra una dosis de 100µg de hormona liberadora de gonadotropina (GnRH), en el día 7 una dosis de prostaglandina F2α (PGF2α), a los 3 días se vuelve aplicar una dosis de hormona

liberadora de gonadotropina (GnRH) y 7 días después de nuevo se administra una dosis de hormona liberadora de gonadotropina (GnRH), luego, a los 3 días se suministra prostaglandina F2 α (PGF2 α) y 3 días después hormona liberadora de gonadotropina (GnRH), seguidamente entre las 16 a 20 horas se procede a realizar la IATF(27) . Tal y como (figura 14).

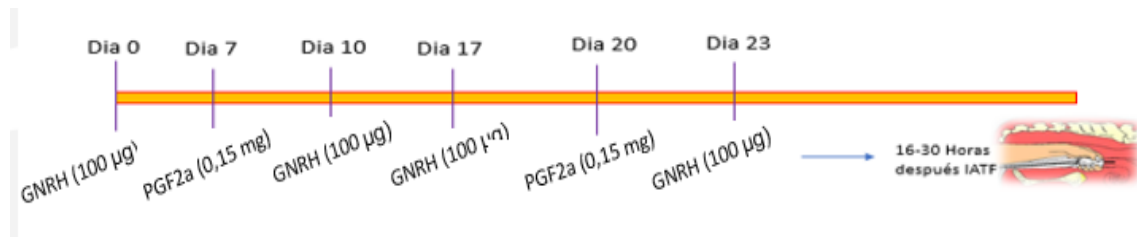


Figura 14. Protocolo (doble Ovsynch), adaptado de (27)

Protocolo Co- Synch

Este protocolo inicia con la aplicación de una dosis el día 0 con la hormona GnRH (100 µg), posteriormente en el día 7 se administra PGF2 α pasado 48 horas, se administra la segunda dosis de GnRH (100 µg) y luego se realiza la IA. como se evidencia en (figura15). al usar la GnRH produce un pico de LH dando como resultado la ovulación ; por otro lado se han realizado estudios con este protocolo en vacas con ternero y han dado como resultado preñez del 49% mientras que con el protocolo Ovsynch con un 57% de preñez (37).

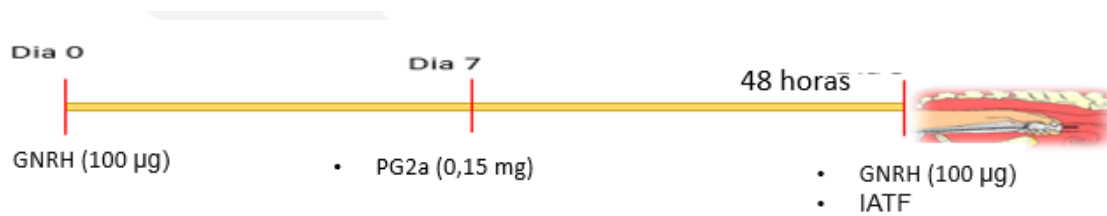


Figura 15. Protocolo Co- Synch, adaptado de (37).

Protocolo Co-Synch 7:

en este protocolo se debe administrar GnRH en el día 0, posteriormente se administra PGF2 α en el día 7 y GnRH entre los días 9 y 10 concurrentes con IATF, este protocolo inicialmente fue diseñado para que la IATF se realizara luego de 48 horas seguido de PGF2 α , sin embargo, se ha demostrado que hay mayor porcentaje de preñez si la IATF se realiza entre 54 y 66 horas posteriores a la aplicación de PGF2 α (38). Tal y como se evidencia (figura 16).

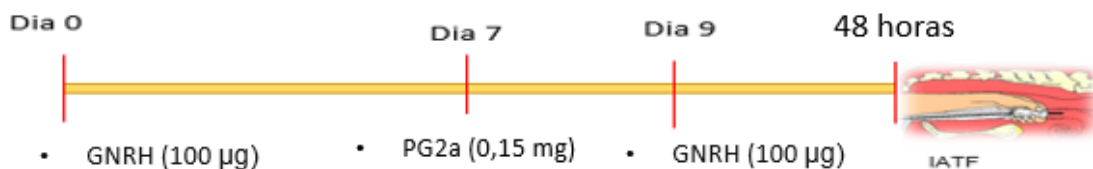


Figura 16. Protocolo Co-Synch 7, adaptado de (38)

Protocolo Co-Synch 7+ progesterona:

Este protocolo es similar al anteriormente descrito, sin embargo, este incluye una fuente de progesterona entre la aplicación de GnRH en el día 0 y PGF2 α que se administra en el día 7(38);(39). Descrito en (figura 17).

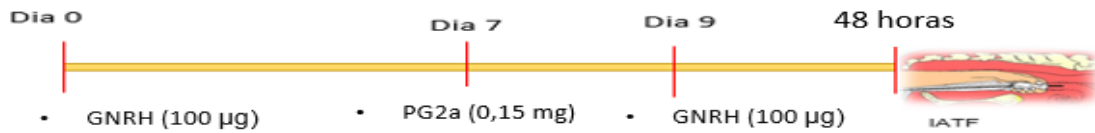


Figura 17. Protocolo Co-Synch 7+ progesterona, adaptado de (39).

Protocolo CoSynch 5 + DIB:

La base fisiológica de este tratamiento fue reducir el tiempo de inserción del dispositivo de progesterona, evitar los efectos adversos de los folículos persistentes sobre la fertilidad de las vacas que no ovulan a la primera GnRH y prolongar el período de Proestro con niveles elevados de estrógenos circulantes (40). se inicia con la administración de GnRH y el implante de progesterona en el día 0, en el día 5 se administra PGF2α y 12 horas después se administra otra dosis de PGF2, por último, el día 8 se administra Gnrh y se realiza IATF (17).como se observa en (figura18)

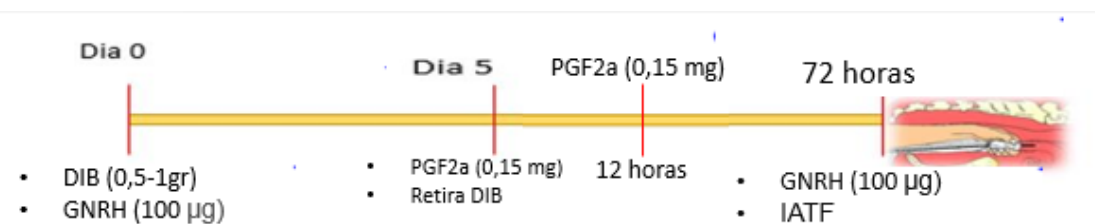


Figura 18. Protocolo Synch 5+ DIB, adaptado de (41)(41)

protocolo Co- Synch 8 + E2 + eCG:

Es uno de los protocolos más utilizados en Sudamérica; este protocolo inicia con la administración de BE intramuscular y se debe poner el dispositivo intravaginal, este se deja por 8 días, luego de estos días se hace retiro del dispositivo y se aplica una dosis de PGF2α, eCG y Cipionato de Estradiol este produce la inducción para la

ovulación posteriormente a las 46-56 horas de retirar el dispositivo se realiza la IATF(37).protocolo reflejado (figura19).

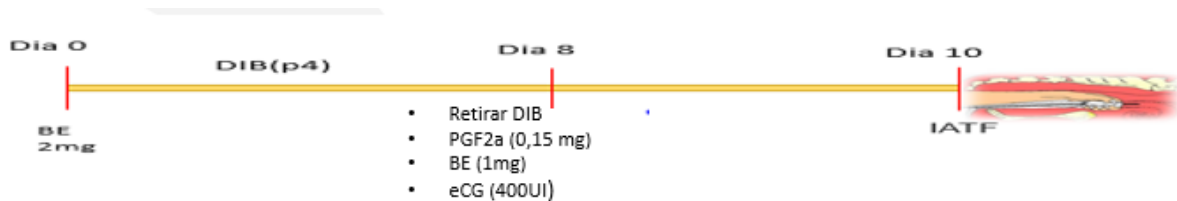


Figura 19. Protocolo Co- Synch 8 + E2 + eCG, adaptado de (37)

Protocolo J-Synch:

la idea detrás de este tratamiento era que la administración de 2 mg de EB en la inserción del dispositivo da como resultado atresia folicular y aparición de un nuevo folículo 2 a 5 días después en el 90% de las vacas y novillas (4);(7). Finalmente, debido a que el estradiol no induce la ovulación y un nuevo CL, sólo se requiere una administración de PGF2 α al retirar el dispositivo para inducir la regresión lútea (40). este protocolo inicia administrando una dosis intramuscular de Benzoato de Estradiol y la inserción de un dispositivo intravaginal de progesterona el día 0, 6 días después, se extrae el dispositivo para administrar una dosis de PGF2 α , 72 horas después como inductor de la ovulación, se aplica una dosis de GnRH y 72 horas después se realiza la IATF (40);(42). Protocolo descrito (figura 20).

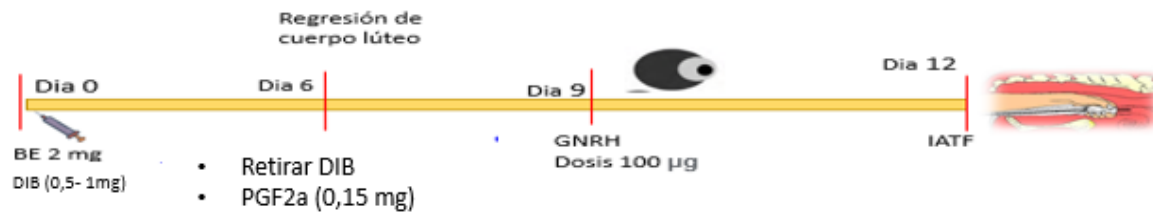


Figura 20. Protocolo J-Synch, adaptado de (40)

DISCUSIÓN

Según (43) El crecimiento folicular luego del parto resulta del incremento de la secreción de la hormona FSH entre los días 3 a 4 en vacas con un estado nutricional favorable, pero la habilidad para poderse desarrollar y transformar en folículos dominantes depende de las pulsaciones de LH lo cual se debe a la liberación de GnRH desde el hipotálamo.

Sin embargo, un estudio realizado por (44) donde compara tratamientos con gonadotropina coriónica equina (ECG) y GnRH en vacas en anestro, el tratamiento con eCG aumentó las tasas de crecimiento folicular ovárico y ovulación después de la extracción del implante, el tratamiento con GnRH mejoró la sincronía de la ovulación.

Al comparar el protocolo J-Synch con el Co-Synch de 5 días en novillas para carne (45). los tratamientos no tuvieron diferencias estadísticamente significativas evaluando los parámetros de tasa ovulatoria (91,6% vs. 92,8%), hora media de ovulación ($97,1 \pm 17,4$ horas vs. $95,1 \pm 12,5$ horas), diámetro de folículo ovulatorio ($11,7 \pm 0,2$ vs $12,0 \pm 0,5$ mm), tampoco en el porcentaje de concepción (50% vs.

57%). En otros experimentos lograron resultados similares en vaquillonas Holstein (46).

Observaciones de campo sobre 1576 vaquillonas Angus y Hereford inseminadas en rodeos comerciales con el protocolo J-Synch, muestran una tasa de preñez promedio de 60% (rango entre 35 a 76,6%). Datos similares fueron encontrados en vaquillonas Holando- argentino donde se comparó un protocolo convencional BE, J – Synch y un Co – Synch de 5 días (BE: 58,5%; J- Synch: 64,6%; Co-Synch: 64,9%; (46). Estos datos son comparables a los informados por (47). en los que sobre un total de 7352 vacas posparto para carne inseminadas con protocolo Co-Synch + CIDR de 5 días, promedió una tasa de preñez de 63%.

(48) realizaron un estudio comparativo entre el protocolo Ovsynch y el protocolo CO-Synch en bovinos de carne, dando como resultado una tasa de preñez del 57% con el protocolo Ovsynch y de un 49% para el protocolo Co-Synch, sin embargo, se deben tener otros factores para la obtención de estos resultados, ya que animales con condición corporal ideal obtuvieron con el protocolo Ovsynch con una tasa de preñez de 72% y para Co-Synch 53% (49).

(3) realizó 3 estudios sobre el uso de 400UI de eCG en el momento de la extracción de un dispositivo de progesterona y el uso de estradiol en comparación con el protocolo Ovsynch, dando como resultado un 48.7% tasa de preñez a las vacas que usaron dispositivo + Estradiol y eCG mientras que con el protocolo Ovsynch un 39.3% tasa de preñez(3).

En el protocolo PRESYNCH las vacas presenta 70,1% de estro entre los días 7 y 14; por otro lado se realizó un estudio donde se comparó el uso de benzoato de estradiol con la GnRH para ser sincronizadas nuevamente dando como resultados en las que se utilizó Benzoato de Estradiol de un 49.2% de efectividad, mientras que con GnRH un 37.2% de efectividad; por otro lado se estudió el uso de benzoato de estradiol a dosis de 1mg vs 2mg de producto dando como resultado mayor tasa de preñez de un 68,2% con la administración de 2mg de producto y 62.8% en los que se administró 1mg de producto (40).

CONCLUSIÓN

La inseminación artificial a tiempo fijo es una herramienta que incrementa la eficiencia productiva en los hatos ganaderos, disminuyendo los días abiertos, favoreciendo una mayor ganancia de peso en producciones de carne y leche; gracias a los diferentes estudios que se han realizado en base al conocimiento de las distintas hormonas de la hembra bovina que se encuentran en cada etapa del ciclo estral se han podido desarrollar avances y diferentes alternativas implementando el uso de las hormonas de origen sintético que facilitan la creación de nuevos protocolos de sincronización hormonal.

La implementación de estos protocolos para controlar la dinámica folicular y ovulación en los últimos años ha minimizado los problemas en cuanto a la detección de celo. a su vez los diferentes tratamientos con los análogos sintéticos de las diferentes hormonas como dispositivos de liberación de progesterona, eCG, PGF2a y estradiol nos brinda la facilidad de implementar IATF a animales que

presentan ciclo o las que no lo presentan. Todo esto en conjunto de un buen manejo de los animales, personal capacitado médicos veterinarios competentes, animales en condiciones corporales optimas y en buen estado sanitario nos da como resultado el éxito en los diferentes protocolos y así mismo las actualizaciones y modificaciones de dichos protocolos nos favorecen a minimizar los periodos de manipulación del animal obteniendo que los animales puedan llevar a cabo un excelente ciclo estral con el fin de llevar a término la ovulación en el tiempo esperado ya que sus modificaciones favorecen a reducir el manejo y en estos animales evitando estrés y otros altercados.

BIBLIOGRAFIA

1. Sartori R, Barros CM. Reproductive cycles in *Bos indicus* cattle. *Anim Reprod Sci* [Internet]. 2011;124(3–4):244–50. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2011.02.006>
2. Raso M. Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (I.A.T.F). INTA Esquel [Internet]. 2012;4. Available from: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_ganaderia46_inseminacion_ovina.pdf
3. Bó GA, Baruselli PS, Mapletoft RJ. Synchronization techniques to increase the utilization of artificial insemination in beef and dairy cattle. *Anim Reprod*. 2013;10(3):137–42.
4. Zuluaga AF, Uribe F, Valencia LM, Murgueito E, Ochoa LM. 3.-Buenas-Practicas-Ganaderas.pdf.
5. García DB. General aspects of fixed time artificial insemination (FTAI) in Bovine.
6. Silva Filho ML, Ferreira-Silva JC, Vieira JIT, Basto SRL, Chaves MS, Luz JB, et al. Influence of the male effect on follicular dynamics and pregnancy rate in lactating cows undergoing fixed-time artificial insemination. *Livest Sci*. 2020;240(May).
7. Becaluba F. Metodos de sincronizacion de celo en bovinos. Sitio Argentino Prod Anim [Internet]. 2006;2–4. Available from: www.produccion-animal.com.ar
8. Guáqueta H. CICIO EsTRAL: FisiOLOGÍA básICA y EsTRATEGIAS PARA MEJORAR IA dETECCIÓN dE CEIOs EsTROus CyCIE: bAsIC PHysIOLOgy And sTRATEGIEs FOR IMPROVIng EsTRus dETECTION. Vol. 56, Rev. Med. vet. Zoot. 2009.
9. Maldonado Estrada J. Universidad de antioquia. 2019;(November).
10. Yáñez-avalos DO, Barbona I, Carlos J, Marini PR. P ROTOCOLS J-S YNCH WITH AND WITHOUT E CG IN B ROWN S WISS AND CROSSES WHITH B OS INDICUS COWS IN THE. 2021;33(1):8–20.
11. Rodrigues AS, Silva MAA, Brandão TO, Nascimento AB, Bittencourt RF, Chalhoub M, et al. Efficacy of the double PGF2 alpha dose-eCG association in proestrus of crossbred dairy cows submitted to IATF. *Pesqui Vet Bras*. 2018;38(8):1518–27.
12. Stevenson JS, Pulley SL. Feedback effects of estradiol and progesterone on ovulation and fertility of dairy cows after gonadotropin-releasing hormone-induced release of luteinizing hormone. *J Dairy Sci* [Internet]. 2016;99(4):3003–15. Available from: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-10091>
13. Garzon Gelvez jahir vicente. EFECTO DEL NÚMERO DE APLICACIONES DE PROSTAGLANDINA SOBRE LA REGRESIÓN DE CUERPOS LÚTEOS, EL RETORNO AL CELO Y LA OVULACIÓN, EN DONANTES DE EMBRIONES BOVINOS. 2016.
14. Vinicius M, Junior CF, Pires A V, Vinicius M, Henrique M, Polizel DM, et al. Theriogenology Luteolysis in *Bos indicus* cows on Days 5 and 7 of estrous cycle with varying doses of PGF 2 a. *Theriogenology* [Internet]. 2016;86(5):1268–74. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.04.067>

15. Carvajal AM, Martinez ME. El ciclo estral en la hembra bovina y su importancia productiva. 2020;
16. Gordillo Aguilar J, Perales Hurtado JC. Comparación de la eficiencia de dos Protocolos De Inseminación Artificial A Término Fijo IATF Aplicado Como Parte Del Mejoramiento Reproductivo De La Finca Las Palmeras Vereda Araguañey Del Municipio De Tame, Departamento De Arauca. 2017.
17. Sousa L, Di L, Maggitti P, Assis P, Carvalho S, Costa I, et al. Effects of equine chorionic gonadotropin administered via the Baihui acupoint on follicular ovarian dynamics and the luteal function of cattle during an ovulation synchronization treatment regimen for fixed-time artificial insemination Marcus Vinicius Gal. 2020;223(October).
18. Motta Delgado pablo andres, Ramos Cuéllar N, Sanches G. Dinámica folicular en la vida reproductiva de la hembra bovina Follicular dynamics in the reproductive life of female livestock. 2011;5(2):88–99.
19. Henao Restrepo G. Algunos Factores Relacionados con la Dinámica Folicular en. 2010;63(2):5577–86.
20. Fernandez Tubino A. DINÁMICA FOLICULAR : FUNCIONAMIENTO Y. 2003;8–12.
21. Bandai K, Kusaka H, Miura H, Kikuchi M. Theriogenology A simple and practical short-term timed artificial insemination protocol using estradiol benzoate with prostaglandin F2 α in lactating dairy cows. Theriogenology [Internet]. 2020;141:197–201. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2019.09.024>
22. Dadarwal D, Mapletoft RJ, Adams GP, Pfeifer LFM, Creelman C, Singh J. Theriogenology Effect of progesterone concentration and duration of proestrus on fertility in beef cattle after fixed-time artificial insemination. Theriogenology [Internet]. 2013;79(5):859–66. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.01.003>
23. Moraes Vasconcelos J, Colombo Pereira MH, Wiltbank MC, Guida TG, Lopes Jr FR, Sanchez Jr CP, et al. Evolution of fixed-time AI in dairy cattle in Brazil. 2018;(Irrs).
24. Ventas JN, Carvalho JB, Crepaldi GA, Cipriano RS, Jocomini JO, Maio JR, et al. Effects of two estradiol esters (benzoate and cypionate) on the induction of synchronized ovulations in Bos indicus cows submitted to a timed artificial insemination protocol. THE [Internet]. 2012;78(3):510–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2012.02.031>
25. Crepaldi GA, Ventas JN, Girotto RW, Carvalho JG, Baruselli PS. Effect of induction of ovulation with estradiol benzoate at P4 device removal on ovulation rate and fertility in Bos indicus cows submitted to a TAI protocol. Anim Reprod Sci [Internet]. 2019;209(March):106141. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.106141>
26. Baruselli PS, Sales JNS, Sala R V, Vieira LM, Filho MFS. History , evolution and perspectives of timed artificial insemination programs in Brazil. Anim Reprod. 2012;9(3):139–52.
27. Giordano JO, Wiltbank MC, Fricke PM, Bas S, Pawlisch R, Guenther JN, et al. Theriogenology Effect of increasing GnRH and PGF 2 α dose during Double-Ovsynch on ovulatory response , luteal regression , and fertility of lactating dairy cows. Theriogenology [Internet]. 2013;80(7):773–83. Available from:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.07.003>

28. Casanova Arias D. MEJORA DE LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA DEL GANADO VACUNO LECHERO A TRAVÉS DEL MANEJO. 2014;1–32.
29. Borchardt S, Haimerl P, Heuwieser W. Effect of insemination after estrous detection on pregnancy per artificial insemination and pregnancy loss in a Presynch-Ovsynch protocol : A meta-analysis. *J Dairy Sci* [Internet]. 2016;99(3):2248–56. Available from: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-10358>
30. Pursley j r, Mee M o, Wildbank M c. Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF2 α and GnRH. 1995;(95):915–23.
31. Carvalho PD, Guenther JN, Fuenzalida MJ, Amundson MC, Wiltbank MC, Fricke PM. Presynchronization using a modified Ovsynch protocol or a single gonadotropin-releasing hormone injection 7 d before an Ovsynch-56 protocol for submission of lactating dairy cows to first timed artificial insemination. *J Dairy Sci* [Internet]. 2014;97(10):6305–15. Available from: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2014-8222>
32. Bello NM, Steibel JP, Pursley JR. Optimizing Ovulation to First GnRH Improved Outcomes to Each Hormonal Injection of Ovsynch in Lactating Dairy Cows. *J Dairy Sci* [Internet]. 2006;89(9):3413–24. Available from: [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72378-5](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72378-5)
33. Fricke PM, Giordano JO, Valenza A, Jr GL, Amundson MC, Carvalho PD. Reproductive performance of lactating dairy cows managed for first service using timed artificial insemination with or without detection of estrus using an activity-monitoring system. *J Dairy Sci* [Internet]. 2014;97(5):2771–81. Available from: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-7366>
34. Pooch SE, Lamberson WR, Lucy MC. Theriogenology Effect of different gonadorelin (GnRH) products used for the fi rst or resynchronized timed arti fi cial insemination on pregnancy rates in postpartum dairy cows. *Theriogenology* [Internet]. 2015;84(4):504–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.04.002>
35. Giordano JO, Wiltbank MC, Guenther JN, Pawlisch R, Bas S, Cunha AP, et al. Increased fertility in lactating dairy cows resynchronized with Double-Ovsynch compared with Ovsynch initiated 32 d after timed artificial insemination. *J Dairy Sci* [Internet]. 2012;95(2):639–53. Available from: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2011-4418>
36. Souza AH, Ayres H, Ferreira RM, Wiltbank MC. A new presynchronization system (Double-Ovsynch) increases fertility at first postpartum timed AI in lactating dairy cows. 2008;70:208–15.
37. Obando Suarez D. Bases farmacológicas y actualización de la sincronización del celo bovino Pharmacological bases and current aspects of bovine heat synchronization. 2020.
38. Bridges A, Lake S, Lemenager R, Claeys M. Timed Artificial Insemination in Beef Cows: What are the Options? *Purdue Univ Coop Ext Serv*. 2008;1–8.
39. Oosthuizen N, Canal LB, Fontes PLP, Sanford CD, DiLorenzo N, Dahlen CR, et al. Prostaglandin F2 α 7 d prior to initiation of the 7-d CO-synch + CIDR protocol failed to enhance estrus response and pregnancy rates in beef heifers. *J Anim Sci*. 2018;96(4):1466–73.

40. Bó GA, Javier J, Mata D, Baruselli PS. Theriogenology Alternative programs for synchronizing and resynchronizing ovulation in beef cattle. *Theriogenology* [Internet]. 2016;86(1):388–96. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.04.053>
41. Corpron MR, Zoca SM, Reynolds M, Carnahan K, Hall JB. Evaluating the effects of a high-concentration dose of prostaglandin F 2 α in a 5-d CO-Synch + controlled internal drug release protocol on fertility in beef cows 1. 2019;1754–7.
42. De la Mata jose javier. PROLONGACIÓN DEL PROESTRO Y REDUCCION DEL PERIODO DE INSERCIÓN DEL DISPOSITIVO CON PROGESTERONA EN VAQUILLONAS PARA CARNE INSEMINADAS A TIEMPO FIJO. 2016.
43. Berrio Ospino J ivan. PILARES DEL ANESTRO POSTPARTO EN BOVINOS. 2018.
44. Ayres H, Ferreira RM, Marques MO, Reis EL, Silva RCP. Equine chorionic gonadotropin and gonadotropin-releasing hormone enhance fertility in a norgestomet-based , timed artificial insemination protocol in suckled Nelore (*Bos indicus*) cows. *Theriogenology* [Internet]. 2010;73(5):651–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2009.11.004>
45. De la mata jose javier, Bo G. Sincronización de celos y ovulación utilizando protocolos con benzoato de estradiol y GnRH en períodos reducidos de inserción de un dispositivo con progesterona en vaquillonas para carne *. 2012;(July 2016).
46. Re M, De la Mata jose javier, Bo G. 8 synchronization of ovulation in dairy heifers using a shortened estradiol- based protocol that provides for a lengthened proestrus . 2013;(July 2016).
47. Bridges GA, Mussard ML, Helser LA, Day ML. *Theriogenology* Comparison of follicular dynamics and hormone concentrations between the 7-day and 5-day CO-Synch þ CIDR program in primiparous beef cows. *Theriogenology* [Internet]. 2014;81(4):632–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.11.020>
48. Geary T, Whittier J, Haldford D, Macneil MD. Calf removal improves conception rates to the Ovsynch and CO-Synch protocols The online version of this article , along with updated information and services , is located on the World Wide Web at : 2001;(February).
49. Geary TW, Salverson RR, Whittier JC. Synchronization of ovulation using GnRH or hCG with the CO-Synch protocol in suckled beef cows. *J Anim Sci*. 2001;79(10):2536–41.

