

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE SALUBRIDAD E HIGIENE



Sincronización de celo en ganado bovino de leche mediante el uso de prostaglandinas y GnRH.

Por:

ALEXIS ALTUNAR ALTUNAR

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México
Octubre 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE SALUBRIDAD E HIGIENE

Sincronización de celo en ganado bovino de leche mediante el uso de
prostaglandinas y GnRH.

Por:

ALEXIS ALTUNAR ALTUNAR

MONOGRAFÍA

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial
para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA



MVZ. Alejandro Ernesto Cabral Martell
Presidente

Aprobada por:



Dr. Luis Felipe Alvarado Martínez
Vocal



Dra. Martha Vianey Perales García
Vocal



Dr. Agustín Cabral Martel
Vocal Suplente



MC. J. Guadalupe Rodríguez Martínez
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal
Torreón, Coahuila, México
Octubre 2021



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE SALUBRIDAD E HIGIENE

Sincronización de celo en ganado bovino de leche mediante el uso de
prostaglandinas y GnRH.

Por:

ALEXIS ALTUNAR ALTUNAR


MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

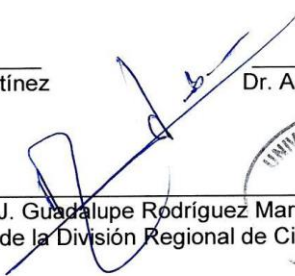
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:


MVZ. Alejandro Ernesto Cabral Martell
Asesor Principal


Dr. Luis Felipe Alvarado Martínez
Coasesor


Dr. Agustín Cabral Martel
Coasesor


MC. J. Guadalupe Rodríguez Martínez
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México
Octubre 2021

AGRADECIMIENTO

Quiero aprovechar estas líneas para agradecer primeramente a Dios por haberme dado la dicha de vivir esta vida llena de amor, por guiarme a lo largo de mi preparación, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad.

Agradezco en especial e infinitamente a mis padres por haberme proporcionado la vida, el cariño y apoyo moral que siempre me han brindado, con el cual estoy por culminar esta meta; ya que son el pilar fundamental en todo lo que soy, en mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo mantenido a través del tiempo.

Quiero mostrar mi más sincero agradecimiento a cada uno de mis profesores de la universidad por haberme formado en todo el trayecto de mi carrera, durante al inicio y final de mi preparación por brindarme sus conocimientos y disciplina.

A todas las personas que me han ayudado y me han apoyado a lo largo de estos años, en especial a mis amigos y hermanos quienes me han brindado su entera confianza y apoyo cuando más le he necesitado y me han alentado a seguir en la lucha cuando me he llegado a caer.

Un especial agradecimiento a mi asesor el MVZ. Alejandro Ernesto Cabral Martell y mis coasesores el Dr. Luis Felipe Alvarado Martínez, el Dr. Agustín Cabral Martell quien me han venido apoyando desde el inicio de la carrera y sin ningún problema aceptaron apoyarme en este proyecto y me han demostrado su paciencia, tiempo y dedicación para que esto saliera bien.

DEDICATORIAS

A mis padres Jorge Altunar Altunar, y Eugenia Altunar Sánchez, que me brindaron su apoyo en el primer momento cuando decidí encaminar mi sueño y gracias a su motivación llegué en la meta.

A mis hermanos: Humberto Altunar, Pablo Altunar, Jorge Altunar, Erica Altunar, Leticia Altunar, y Nayeli Altunar. Quienes me brindaron su apoyo durante mi formación educativa, gracias a sus consejos y quías estoy en la meta.

A mis abuelos máximo, Gregoria, verónica, por sus sabios ejemplos y consejos de la vida, que me hicieron tomar un camino correcto.

A mis tíos y primos por parte de los Altunar y de los Sánchez.

A mi grupo de amigos y maestros de la UAAAN en especial los que estuvieron en el momento que los necesitaba y durante mi formación.

RESUMEN

La sincronización de estros (SE) y la inseminación artificial (IA) son técnicas de gran importancia para lograr un mejoramiento genético e incremento en la reproducción de hatos.

El método de sincronización se utiliza GnRH y Prostaglandinas o sus análogos para sincronizar estro y ovulación.

El método involucra la administración de GnRH inyectada en el día 0, para producir la ovulación de los folículos dominantes, una inyección de prostaglandina se aplica 7 días después para la regresión del cuerpo lúteo producido, una segunda inyección de GnRH se da 48 horas después de la prostaglandina. Esta inyección final de GnRH sirve para aumentar la sincronización de la ovulación dentro del grupo de vacas tratadas, además comienza una ovulación fecunda en vacas que no han exhibido estro todavía. Las vacas son inseminadas a tiempo fijo de 16 a 24 horas después de la última aplicación de GnRH.

Considerándose como un método adecuado para el manejo reproductivo, uniforme de las explotaciones lecheras, la cual debe ser manejado por un Médico Veterinario, la cual que sea un buen conocedor del trabajo.

Palabras claves: Sincronización, Inseminación Artificial, Ciclo Estral, Endocrinología, Prostaglandina, GnRH, Fisiología de la vaca, Programar e Inducir, Luteolisis.

INDICE

AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIAS	ii
RESUMEN	iii
INDICE	iv
INDICE DE FIGURAS	vi
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	6
2.1 MÉTODOS DE SINCRONIZACIÓN	6
2.2 ANATOMIA REPRODUCTOR DE LA HEMBRA BOVINA.....	6
2.2.1 Vulva.....	6
2.2.2 Vagina	7
2.2.3 Moco cervical	7
2.2.4 Cérvix	8
2.2.5 Útero	9
2.2.6 Oviducto.....	9
2.2.7 Ovario	10
2.3 ENDOCRINOLOGIA.....	11
2.3.1 Hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH).....	11
2.3.2 Hormona foliculoestimulante (FSH).....	12
2.3.3 Hormona Luteinizante (LH).....	13
2.3.4 Oxitocina	14
2.3.5 Prostaglandina F2 α (PGF2 α).....	14
2.3.6 Estradiol	15
2.3.7 Progesterona.....	16
2.4 CICLO ESTRAL	16
2.4.1 Fase del ciclo estral.....	17
2.4.2 Proestro.....	17
2.4.3 Estro	18
2.4.4 Metaestro	19
2.4.5 Diestro	19
2.5 SINCRONIZACIÓN DEL CICLO ESTRAL DE BOVINOS.....	20

2.5.1 Protocolo Ovsynch	20
2.5.2 Protocolo Cosynch	21
2.5.3 Protocolo Presynch	22
2.5.4 Doble ovsynch.....	23
2.5.5 Sincronización mediante protocolo G6G	24
2.5.6 Protocolo Ovsynch + CIDR	25
2.5.7 CIDR utilización de dispositivos intravaginales	26
CONCLUSIÓN.....	28
REFERENCIAS BIBLIOGRAFIA	29

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Protocolo Ovsynch.....	21
Figura 2. Protocolo Cosynch.....	22
Figura 3. Protocolo Presynch.....	23
Figura 4. Doble ovsynch.....	24
Figura 5. Sincronización mediante protocolo G6G.....	25
Figura 6. CIDR utilización de dispositivos intravaginales.....	27

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Protocolo Ovsynch.....	21
Tabla 2. Protocolo Cosynch.....	22
Tabla 3. Protocolo Presynch.....	23
Tabla 4. Doble ovsynch.....	24
Tabla 5. Sincronización mediante protocolo G6G.....	25
Tabla 6. Protocolo Ovsynch + CIDR.....	26
Tabla 7. CIDR utilización de dispositivos intravaginales.....	27

1. INTRODUCCION

Antecedentes de la Inseminación Artificial y la Sincronización del Estro

La inseminación artificial puede definirse como la biotecnología para la aplicación de semen en el tracto genital de una hembra en el momento efectivo para la fecundación (Giraldo, 2019).

La IA, a través del uso del semen de toros altamente productivos resalta las características del padre, las cuales han sido evaluadas en varias generaciones ya sea en producción láctea y/o cárnica. La introducción de este semen en el aparato reproductor de la hembra, con características raciales ya perdidas y con un nivel productivo promedio, concluye en una gestación que se desarrollará con las mejores características de sus padres, las cuales se verán reflejadas en el tiempo con nuevos cruzamientos y brindando mayor productividad (Silva & Pimentel 2017).

Es de gran importancia lograr predeterminar el sexo de las crías ya que en la cría para leche son de valor las hembras y muy poco valor los machos. Se hicieron muchos intentos en este sentido que no fueron aplicables. La obtención de mayor número de terneras en proporción significativa respecto a los machos se hizo posible a partir de la creación del citómetro de flujo con capacidad de seleccionar los espermatozoides X e Y por la diferencia del ADN (aproximadamente 4 % en bovinos), con una confiabilidad del 90 %. Es el único método validado para la selección del sexo precoz actualmente (Filipiak et al., 2017).

Las ventajas de la IA son:

- a) Permite el uso generalizado de machos sobresalientes con genética valiosa en cualquier operación de ganado.
- b) Facilita las pruebas de progenie en diversas condiciones ambientales y de manejo, mejorando de este modo aún más la exactitud de la selección.

- c) Mejora el rendimiento y el potencial del hato nacional.
- d) Permite realizar cruzas para modificar una característica productiva
- e) Acelera la introducción de nuevo material genético
- f) Hace posible el uso del semen congelado, después de que ha muerto el donador, lo que contribuye a la preservación de líneas seleccionadas.
- g) Permite el uso de semen de machos incapacitados u oligoespermicos.
- h) Reduce el riesgo de dispersión de enfermedades de transmisión sexual
- i) Suele ser esencial después de la sincronización del estro en grupos grandes de hembras
- j) Permite el uso de machos con marcadores genéticos deseables en apareamientos genéticos específicos
- k) Constituye una herramienta de investigación útil para evaluar muchos aspectos de la fisiología reproductiva del macho y hembra (Hafez & Hafez, 2007).

Las primeras comunicaciones del uso de la IA. Fue en el año de 1780, por el fisiólogo italiano Lázaro Spallanzani, realizado en perros. Existen reportes de que los árabes utilizaban la inseminación siglos antes (año 1300 d.c) para fecundar yeguas con semen robado de garañones. En 1782, P. Rossi y Branchi, repitieron con éxito el experimento de Spallanzani. En 1803, el mismo Spallanzani informó que los espermatozoides enfriados con nieve no morían, sino que solo se tornaban inmóviles y que exponerlos al calor recuperaban la motilidad por varias horas.

A partir de esta última fecha no hubo informes adicionales sobre la inseminación artificial a finales del siglo, entre 1884 y 1887 Everett Milais inseminó 19 perras de las cuales; quedaron gestantes. En 1897, Walter Heape, en Inglaterra, trabajó sobre la inseminación artificial en perros y concluyó que un solo eyaculado podría servir para varios perros y que la inseminación podría ser herramienta valiosa para estudiar los factores genéticos (David, 2019).

La primera organización de I.A. en los Estados Unidos fue la New Jersey Holstein Breeders Cooperative Association, que empezó en mayo de 1938. Tres años más tarde, en 1941, 120 ganaderos organizaron Vernon County Breeders.

En México los primeros intentos con Semen fresco fueron hechos en 1945 por el Dr. Carvajal. Fue hasta 1960 que, a escala comercial, se empezó la I.A. por medio de semen congelado y en fresco; los pioneros en ese campo utilizaban un equipo móvil y que actualmente es la empresa Reproducción Animal, S.A. de C.V.

La SARH fundó el Centro de I.A. más grande en Querétaro, en 1978 y procesaron 30,000 dosis en Ampolleta el primer año, de toros de diversas razas (Ortuño, 2020).

Sincronización de estros

La sincronización de estros (SE) y la inseminación artificial (IA) son técnicas de gran importancia para lograr un mejoramiento genético e incremento en la reproducción de hatos, sin embargo, el problema asociado es la detección oportuna del estro, lo que reduce el uso potencial de la IA en explotaciones ganaderas. La detección de estros es relevante cuando se utiliza la IA, ya que la identificación de las hembras que inician el estro mejora substancialmente el porcentaje de gestación (Romero et al., 2009).

El objetivo de un programa de sincronización es manipular los procesos reproductivos, para que un alto porcentaje de hembras en un grupo dado, puedan ser concebidas en un período corto, ya sea utilizando inseminación artificial o servicio natural (Rodríguez, 2003).

A través del uso eficaz de un programa de la sincronización, se puede lograr lo siguiente:

1. Facilitar el uso de la inseminación artificial.
2. Elección del momento de inseminación artificial y por lo tanto de la temporada de nacimientos.

3. Reducción de días abiertos y programación de intervalo entre partos.
4. Menos tiempo utilizado en la detección de estros.
5. Se obtienen lotes uniformes, mayor cosecha de terneros, y por lo tanto mayores ingresos.
6. Las vacas se preñan y paren en una misma época (Rodríguez, 2003).

La primera propuesta referente a un método capaz de manipular al ciclo estral de la vaca partió de Christian y Casida en 1948 que surgieron con la utilización de la progesterona con el fin de bloquear la función reproductiva. A partir de la suspensión de la medicación buena parte de los animales presentaron síntomas de celo. Más tarde en 1968 Wiltbank y Kasson verificaron que la adición de un estrógeno (Valerato de estradiol) al inicio del tratamiento a través de su efecto luteolítico, aumentaba la incidencia de celos en los animales tratados y permitía la reducción del periodo de bloqueo con progesterona (Hoyos & Bastidas, 2017).

En 1972 Rowson et al. propusieron un protocolo para sincronización de celo en bovinos utilizando Prostaglandina F_{2α} como agente luteolítico (Becaluba, 2016)

Los estudios de las sincronizaciones de celo en bovinos fueron conducidos en dos direcciones principales, ambas fueron interfiriendo en la duración del ciclo estral. Los métodos que comprenden la utilización de agentes luteolíticos que lleva a una anticipación a la regresión del cuerpo lúteo y el consecuente acortamiento del ciclo, y el proceso de alargamiento del ciclo con una simulación de diestro a través de la administración de progestágenos. Independientemente de la vía de administración Boyd et al (1973) verificaron que tratamientos con progestágenos por periodos largos (16 días) resultaban en mejor sincronización de celos, pero con índices de concepción peores a la inseminación. Cuando el período de tratamiento es de aprox. (9 días) se obtiene peor sincronía, pero con mejores índices de concepción (Becaluba, 2016).

Pursley et al. (1997) demostró que el momento de ovulación en ciclos inducidos con prostaglandinas presenta grandes variaciones. Por este motivo la detección de celo se hace imprescindible cuando se pretende adoptar la inducción de ciclos con ovulación e inseminación artificial. Para programas de inseminación artificial en momentos pre- determinados debe darse la preferencia a la hormonoterapia que promueven ovulaciones con mejor uniformidad de tiempo (Becaluba, 2016).

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 MÉTODOS DE SINCRONIZACIÓN

la sincronización del celo a través del uso de fármacos, ha sido usada para mejorar la eficiencia reproductiva en el ganado. Los protocolos para sincronización del celo estuvieron originalmente orientados hacia la disminución del 44 tiempo empleado en la detección del estro. Uno de los factores que causa mayores limitaciones en el rendimiento reproductivo del ganado bovino, es la falla en la detección de celo en una forma eficiente y precisa que permita una inseminación a tiempo para lograr una buena eficiencia reproductiva en el rebaño. Se ha reportado una alta correlación (0.92) entre un largo intervalo entre partos y la falla en la detección del estro, mientras que la correlación entre éste parámetro y la tasa de concepción es sólo de 0.32; esto indica que la detección de celo juega un papel primordial cuando se usa inseminación artificial (Campos et al.,2015).

Actualmente existen 2 grupos de preparaciones hormonales disponibles en el mercado que pueden ser utilizadas para sincronizar celos en los bovinos: 1. Progestágenos que tienen como efecto principal un bloqueo hipotálamo-hipofisiario simulando una fase lútea. 2. Prostaglandinas y sus análogos que actúan como agente luteolítico sobre el cuerpo lúteo (Hoyos y Bastidas, 2017).

2.2 ANATOMIA REPRODUCTOR DE LA HEMBRA BOVINA

2.2.1 Vulva

La vulva es el orificio externo del aparato reproductor, siendo la única parte visible desde el exterior de la vaca (Chicaiza, 2017).

La vulva es la parte más externa y está formada por los labios vulvares derecho e izquierdo, los cuales miden aproximadamente 12 centímetros de longitud. La vulva desde el punto de vista reproductivo es importante porque es donde se observan los signos externos del estro (celo o alboroto) (Barrios, 2012).

La Vulva tiene tres funciones principales: dejar pasar la orina, abrirse para permitir la cópula y sirve como parte del canal de parto. Incluidos en la estructura vulvar están los Labios y la Clítoris. Los Labios de la Vulva están ubicados a los lados de la apertura vulvar, y tienen aspecto seco y arrugado cuando la vaca no está en celo. En la medida que el animal se acerque al celo, la Vulva empezará a hincharse y tomará una apariencia rojiza y húmeda (Nebel & DeJarnette, 2011).

2.2.2 Vagina

La vagina es el órgano que se encuentra inmediatamente hacia craneal del vestíbulo, extendiéndose por 25 a 30 centímetros. La vagina es de gran importancia ya que sirve como receptáculo del semen depositado por el toro en el proceso de monta natural y como canal para la salida del feto durante el parto (Chicaiza, 2017).

Está ubicada horizontalmente y paralela al recto, por encima de la vejiga. El tamaño de la vagina es aproximadamente de 25 centímetros y varía de una vaca a otra, dependiendo de la raza, el desarrollo corporal y el estado reproductivo de la hembra. Las paredes de la vagina son elásticas y segregan una sustancia lubricante durante el parto y en los períodos de celo o calor. La vagina está localizada dentro de la cavidad pélvica, entre la vulva y el cuello del útero. La vagina sirve como saco de aceptación del pene del macho durante la cópula o monta (Puentestar, 2015).

2.2.3 Moco cervical

El moco cervical bovino (BCM) es producido por células epiteliales secretoras de moco ubicadas en el cuello uterino y comprende dos fases, acuosa y gel. La fase acuosa contiene 92-95% de agua y varios compuestos de masa molecular baja

disueltos, por ejemplo, iones y metabolitos y la fase de gel está formada principalmente por glicoproteínas llamadas mucinas. Las propiedades biofísicas y bioquímicas de BCM están controladas por cambios en los niveles de esteroides sexuales durante el ciclo estral. del ciclo (Cortés et al., 2012).

La función de ese mucus cervical, además de lubricar el cérvix, es la de facilitar, seleccionar y proporcionar un medio adecuado para el paso de los espermatozoides hacia el oviducto, sirve de barrera defensiva natural mecánica y a través de sustancias antisépticas, sus cambios químicos y estructurales se los han asociado a la fertilidad. Luego del celo, el mucus cambia de estructura y se transforma en un tapón que aísla el útero de la cavidad vaginal (Ramírez & Lílido, 2009).

2.2.4 Cérvix

El Cérvix es un órgano de paredes gruesas, que establece la conexión entre la Vagina y el Útero. Está compuesto de tejido conectivo denso y músculos, y será nuestra referencia al inseminar una vaca. La entrada al Cérvix está proyectada hacia la Vulva en forma de cono. Esto forma un círculo ciego de 360° que rodea completamente la entrada al cérvix. Esta base ciega del cono es conocida como Fornix. El interior del Cérvix contiene tres o cuatro Anillos, a veces llamados pliegues (Mosquera, 2018).

El cérvix mide de 8 – 10 cm. y entre sus principales funciones están la de facilitar el transporte de los espermatozoides hacia la luz del útero mediante la producción de moco, actúa como reservorio de espermatozoides y durante el celo, la musculatura lisa del cérvix se relaja bajo la influencia de los estrógenos posibilitando la abertura del canal cervical lo cual facilita la Inseminación Artificial. En contraste con esto, durante la gestación y el diestro el conducto cervical queda sellado por un moco viscoso que actúa como barrera contra el transporte de esperma y la invasión de bacterias (Llosa, 2016).

2.2.5 Útero

El útero se divide en cuernos y cuerpo, está fijado a las paredes de la cavidad pélvica por el ligamento ancho (mesometrio), por el cual recibe el aporte sanguíneo e inervación; el tipo de útero de los bovinos es bipartido y tiene mucha importancia en la práctica, el conocer que a nivel de la bifurcación de los cuernos existen dos hojas ligamentosas, que son los ligamentos intercornuales dorsal y ventral, siendo este último un poco más grueso y sirve de referencia para la retracción del útero durante el examen rectal (Mosquera, 2018).

En su trayectoria, los cuernos (derecho e izquierdo); y es en uno de estos donde se va a implantar el embrión y a desarrollar el feto durante el período de gestación; su interior está recubierto de una membrana mucosa, llamada endometrio con abundantes glándulas simples, excepto en las carúnculas que no son glandulares. Las carúnculas son proyecciones o pequeños botones de la superficie interna del útero, donde se fijan, por medio de los cotiledones, las membranas fetales durante la gestación (Kelly, 2014).

Los cuernos uterinos son la continuación directa del cuerpo del útero. Cada cuerno (derecho e izquierdo) es una estructura cilíndrica y simétrica de cerca de 8- 12 pulgadas de longitud y cerca de 2 pulgadas de diámetro dependiendo de la edad y estado fisiopatológico del animal (abierto, preñada, endometritis, tumores, etc.) después de la bifurcación externa y continuando en forma craneal los cuernos se doblan en una posición ventro - caudal y después se vuelven a doblar en forma dorsal para juntarse al oviducto (Puentestar, 2015).

2.2.6 Oviducto

manifiesta que Inmediatamente después de los cuernos uterinos inician los oviductos, los cuales son los encargados de transportar tanto a los espermatozoides como a los óvulos. Los oviductos miden aproximadamente 25 cm. son delgados y en forma de espiral, y se encuentran divididos en forma funcional en tres segmentos

que son: Infundíbulo, que es el encargado de recibir al óvulo cuando este es expulsado del ovario cuando ocurre la ovulación, ámpula, (ampolla), es la parte media del oviducto y es el sitio en el que normalmente ocurre la fecundación y el istmo que es la parte que comunica con los cuernos uterinos y funciona como reservorio de espermatozoides (Kelly, 2014).

La banda de fimbrias lleva óvulos liberados desde la superficie ovárica hacia el infundíbulo. Luego los óvulos son transportados a través de los pliegues de la mucosa a la ampolla, donde ocurren la fecundación y la escisión temprana de los óvulos fecundados. Los embriones permanecen en el oviducto unos tres días antes de ser transportados al útero. El mesosalpíx y la musculatura del oviducto coordinan hormonas ováricas, estrógeno y progesterona. La unión uterotubárica controla en parte el transporte de espermatozoides desde el útero hacia los oviductos.

El oviducto proporciona un medio óptimo para la unión de los gametos y para el desarrollo inicial del embrión (Chicaiza , 2017).

2.2.7 Ovario

Los ovarios en la vaca poseen una forma ovoide o almendrado, están situados en la región sub lumbar. Son los órganos más importantes del aparato reproductor de la hembra, ya que en ellos se producen los óvulos (función exocrina) y las hormonas; están cubiertos por un tejido fibroso llamado túnica albugínea (Llosa Valencia, 2016).

El ovario se origina bilateralmente a partir de la cresta gonadal en la región lumbar, medial al riñón embrionario. Aquí migran desde el saco vitelino las células germinales primordiales que luego formaran las denominadas eminencias ováricas. A partir de ellas se desarrollan los diferentes estadios de la maduración del ovocito y de sus células acompañantes (células foliculares) hasta formar el folículo de Graaf, maduro para su desprendimiento durante la ovulación (Puentestar Palma, 2015).

Señala que los ovarios están localizados en la parte superior de la cavidad abdominal más o menos a una distancia de 30 a 45 centímetros del orificio vulvar. Cada ovario mide aproximadamente de 3 a 4 centímetros de largo por 2 a 3 de ancho. Este tamaño varía según el estado reproductivo del animal, tamaño y raza de la vaca y según la función que desempeñe el ovario en el momento del ciclo estral (folículo, cuerpo amarillo, etc.).

Además de producir óvulos, el ovario tiene como función primordial la producción de hormonas femeninas: estrógenos y progesterona, las cuales dan a la hembra sus características y comportamiento femenino. En los ovarios se pueden encontrar dos tipos de estructura: los folículos en diversos grados de crecimiento y el cuerpo lúteo.

Los folículos contienen en su interior a los óvulos que por influencia de las hormonas gonadotropinas (FSH y LH) crecen, maduran y posteriormente son expulsados (ovulación) hacia el infundíbulo. En el espacio que queda después de la ovulación, se forma primeramente un cuerpo hemorrágico, que posteriormente se transforma el cuerpo lúteo. Los folículos secretan los estrógenos que son de cierta forma los responsables de la conducta sexual durante el estro (celo o calor) y el cuerpo lúteo secreta progesterona que es la responsable de la inactividad sexual en todo lo que resta del ciclo y del mantenimiento de la gestación en caso de que esta haya tenido lugar después del servicio ya sea por monta natural o por IA (Kelly, 2014).

2.3 ENDOCRINOLOGIA

2.3.1 Hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH)

La GnRH es un decapeptido de peso molecular 1182 Daltons. El principal órgano efector de esta hormona es la adenohipófisis, en la que causa la liberación de las principales hormonas gonadotropicas, la luteinizante (LH) y el folículo estimulante (FSH) (Cobos Villavicencio, 2011). Es secretada de dos formas: una secreción

pulsátil o tónica desde el centro tónico del hipotálamo y la secreción preovulatoria de GnRH (Colazo & Mapletoft, 2017).

La GnRH controla la síntesis y liberación de gonadotropinas hipofisarias a través de la unión a sus receptores específicos en la membrana plasmática de los gonadotrofos (Atuesta & Diaza, 2011). Las neuronas productoras de GnRH se encuentran dispersas por todo el hipotálamo, siendo más abundantes en el núcleo arcuato y en el hipotálamo anterior; la mayor parte de estas neuronas proyectan sobre la eminencia media, liberando la GnRH en forma de pulsos al sistema portal hipofisiario, desde donde es transportada a la adenohipófisis (Naranjo Chacón, 2019).

2.3.2 Hormona foliculoestimulante (FSH)

La hormona foliculo estimulante (FSH) es una glicoproteína sintetizada por las células basófilas de la hipófisis anterior y su vida media en la sangre de los bovinos es aproximadamente de 5 horas. Esta hormona promueve el crecimiento y la maduración del folículo ovárico o folículo de Graaf. La FSH no causa la secreción de estrógenos del ovario por sí solo, sino que necesita la presencia de la LH (Cobos Villavicencio, 2011).

La FSH puede ser considerada como la hormona iniciadora del crecimiento folicular, estimulando también el establecimiento de receptores de LH en las células foliculares. La FSH presenta un pico plasmático que coincide con el pico preovulatorio de LH en el momento del estro. Aproximadamente 24 horas más tarde, presenta un segundo pico, aunque de menor magnitud, relacionado con la disminución de los niveles sanguíneos de inhibina (glicoproteína secretada por las células de la granulosa folicular que inhiben la secreción de FSH). Se pueden observar también fluctuaciones adicionales que están relacionados con las oleadas de desarrollo folicular en la fase luteal del ciclo. La FSH posee una secreción pulsátil aproximadamente cada hora, a lo largo de todo el ciclo estral (Matamoros, 2017).

2.3.3 Hormona Luteinizante (LH)

La hormona luteinizante (LH) es una glicoproteína presente en el lóbulo anterior de la hipófisis. La LH participa en la maduración folicular, la ovulación y la formación y mantenimiento del cuerpo lúteo (Ortega et al., 2016).

Son Glucoproteína compuesta de una subunidad alfa y una beta con un peso molecular de 30.000 daltons y una actividad biológica de 30 minutos. Los niveles tónicos o basales de LH actúan en conjunto con la FSH para inducir la secreción de estrógeno del folículo maduro. LH induce la ovulación y mantiene el cuerpo lúteo; estimula junto con la FSH, la secreción de esteroides, tanto en el ovario (estrógenos en el folículo y progesterona en el cuerpo lúteo) como en el testículo (testosterona en las células de Leydig) (Sagbay Díaz, 2012).

La LH es la hormona estimuladora de la maduración y ruptura del folículo de Graff y de la formación y mantenimiento del cuerpo lúteo. También se ha demostrado que cada secreción pulsátil de LH está relacionada con un pulso en la secreción de 17 β -estradiol, indicando la estimulación inmediata de LH sobre la secreción de estradiol por los folículos en desarrollo. Las concentraciones medias de LH durante la fase luteínica del ciclo estral son relativamente bajas. Como ya hemos señalado, esta hormona, junto con la anterior, presenta un gran pico coincidiendo con el inicio del estro, y la ovulación se produce aproximadamente entre 24 y 30 horas después de este pico (Matamoros, 2017).

Se considera que la LH es la principal, sino la única, hormona luteotrópica en la vaca no gestante (Matamoros, 2017).

2.3.4 Oxitocina

La oxitocina es una hormona liberada de la glándula pituitaria posterior, la cual facilita la eyección de la leche mediante contracciones en las células mioepiteliales de los alvéolos y ductos de la glándula mamaria (Palomera & Rodríguez, 2007).

La oxitocina es un nonapéptido, debido a que está formado por nueve aminoácidos (cisteína-tirosina-isoleusina-glutamina-aspargina-cisteína-prolina-leucina-glicina), con un puente disulfuro entre las dos cisteínas. Este péptido tiene una masa molecular de 1007 daltons. Y donde una unidad internacional (UI) de oxitocina equivale a 2 microgramos de péptido puro (Cruz Cruz, 2015).

La secreción de oxitocina es estimulada vía neurogénica por el amamantamiento, ordeño, parto, dilatación cervical o vaginal y el estímulo clitoridiano, siendo la acetilcolina el modulador estimulante y la adrenalina y la noradrenalina los agentes inhibidores. La acción principal de la oxitocina es la secreción de leche mediante contracción de las células mioepiteliales que rodean los alvéolos mamarios. En bovinos se ha identificado receptores o la unión específica de oxitocina, únicamente en el miometrio, endometrio, placenta, ovario, cuerpo lúteo, testículo, glándulas mamarias y adrenales.

La adrenalina, secretada en el estrés, disminuye la bajada de la leche al bloquear la acción de la oxitocina (Sucasaca, 2017).

2.3.5 Prostaglandina F₂α (PGF₂α)

La PGF₂α, es un ácido graso insaturado compuesto por 20 átomos de carbono. Contiene un anillo ciclopentano (Echeverría, 2006). Es un agente luteolítico natural que finaliza la fase lútea (de cuerpo amarillo) del ciclo estral y permite el inicio de nuevo ciclo estral en ausencia de fertilización, esta es particularmente potente para finalizar la preñez temprana (Sagbay Díaz, 2012).

Particularmente, la $PGF2\alpha$ genera contracciones en la musculatura lisa uterina al mismo tiempo que provoca la apertura del cuello. Es la encargada de regular la duración del cuerpo lúteo, ya que se considera que induce a luteólisis del mismo (Echeverría, 2006).

La $PGF2\alpha$ son responsables de inducir la luteolisis hacia el final del diestro o gestación. Estas sustancias tienen la capacidad de regular la vida del cuerpo lúteo. Cuando son administradas en la segunda mitad de la gestación, promueven la regresión luteal con lo cual producen un descenso de la progesterona plasmática e impulsan las contracciones del miometrio conjuntamente con la oxitocina provocando de esta manera el aborto o la reabsorción de los fetos (Echeverría, 2006).

2.3.6 Estradiol

Los estrógenos son hormonas esteroideas secretados por la granulosa del ovario estimuladas por la FSH. Cumplen varias funciones: estimulan el crecimiento; controlan la ovulación; preparan el aparato reproductor para la fecundación y la implantación y tiene efectos metabólicos sobre los minerales, los glúcidos, las proteínas y los lípidos. También controlan el inicio de la pubertad y las características sexuales de la hembra, mediante su efecto directo controlan el crecimiento y desarrollo de la vagina, el útero y los oviductos. Junto a otras hormonas favorecen el desarrollo de la glándula mamaria y las diferencias de conformación corporal de las hembras (Proaño 2015).

En animales vacíos los estrógenos son secretados por la granulosa del ovario o por el folículo, mientras que en animales preñados son secretados fundamentalmente por la unidad feto placenta. La síntesis y secreción de estrógenos está regulada durante el ciclo estral por el efecto de las hormonas gonadotropinas (Botana, et ál, 2002).

Los estrógenos estimulan el desarrollo de las características sexuales de la hembra. Los estrógenos ejercen efectos de retroalimentación negativa y positiva, en el control de la LH y FSH, a partir del eje hipotálamo – hipofisiario. El efecto de

retroalimentación positiva está íntimamente relacionado con los niveles de progesterona circulante, el efecto de los estrógenos sobre las gonadotropinas es negativo, en cambio en la fase folicular (luego de la lúteolisis y cuando nos aproximamos al celo) al no haber concentraciones altas de progesterona en la sangre, el estrógeno induce la liberación de LH y FSH (pico preovulatorio de LH y FSH) (Hoyos, 2004).

2.3.7 Progesterona

Producida en el cuerpo lúteo del ciclo o de la gestación, aunque en algunas especies, se produce también en la placenta y en las glándulas adrenales. Su acción es mantener la gestación en las hembras preñadas (en la vaca casi durante toda la gestación, pues la placenta bovina secreta escasos niveles de progesterona). En una vaca cíclica, su acción principal es regular la duración del ciclo gracias a su efecto inhibitorio del celo y de la ovulación. La progesterona natural tiene una vida media muy corta, apenas entre 3-4 minutos, lo que implica la necesidad de utilizar altas dosis. Una alternativa es imitar la fase luteal del ciclo, utilizando progestágenos o análogos de la progesterona, los cuales requieren dosis menores, sin producir efectos secundarios (Carlos, 2008).

2.4 CICLO ESTRAL

El Ciclo estral (CE) es el tiempo que transcurre entre un estro y el siguiente, el cual puede durar 21 ± 3 d en la vaca e involucra la secreción y liberación interrelacionada de un gran número de hormonas, tales como la GnRH por el Hipotálamo, la Hormona Folículo Estimulante (FSH) y la Luteinizante (LH) por la Adenohipófisis, Estrógenos (E2), Progesterona (P4) y Oxitocina (OT) por el ovario y Prostaglandina (PGF2a) por el útero. El mecanismo primario de regulación del CE está dado por la regresión del cuerpo lúteo (CL), alrededor del día 17-18 del CE (Mayta, 2015).

El periodo del celo es relativamente corto (6 a 30 horas), y es el único momento en el que una vaca o novilla es receptiva al macho y permite que ella misma sea montada, ya sea por el toro o por otras vacas. Los cambios que ocurren en el comportamiento durante este tiempo se usan como evidencia de la presentación del estro. Se ha demostrado que más del 70% de las actividades de monta ocurren entre las 6 p. m. y las 6 a. m. Además, cerca del 25% de las vacas tienen celos de menos de 8 horas de duración (Guáqueta, 2009).

2.4.1 Fase del ciclo estral

A continuación, se realizará una descripción de los principales acontecimientos del ciclo estral. El ciclo estral se puede dividir en tres fases:

- 1) Fase folicular o de regresión lútea (proestro)
- 2) fase periovulatoria (estro y metaestro)
- 3) fase luteal (diestro).

El día 0 del ciclo estral es el día del celo, signo visible a simple vista; sin embargo, desde el punto de vista fisiológico, la descripción se realizará a partir de la destrucción del cuerpo lúteo y finalizará en la destrucción del cuerpo lúteo del próximo ciclo (de Especialidades Veterinarias, 2005).

2.4.2 Proestro

Este período, cuya duración es de 3 días, comienza con la regresión del cuerpo lúteo del ciclo anterior y finaliza con la manifestación de celo. Al producirse la destrucción del cuerpo lúteo tenemos una caída en los niveles de progesterona y posteriormente una pérdida de tejido luteal, siendo la PGF2a de origen uterino el principal luteolítico en los animales domésticos y en la mayoría de los roedores.

Como consecuencia de la caída de los niveles de progesterona, disminuye el feed back negativo que dicha hormona tenía a nivel hipotalámico y comienzan a aumentar la frecuencia pulsátil de las hormonas gonadotróficas (FSH y LH) y se estimula el crecimiento folicular con el desarrollo de un gran folículo y el aumento en los niveles de estradiol. Cuando los estrógenos alcanzan cierto nivel, se estimula la receptividad al macho y comienza el período de celo o estro (Toctaquiza, & Alexandra, 2011).

Los estrógenos son producidos por las células que forman la pared del folículo en desarrollo, una capa externa que son las células de la teca y otra capa interna que son las células de la granulosa. Estos dos tipos celulares trabajan en forma simultánea y coordinada para producir estrógenos: las células de la teca ligan la LH y producen andrógenos, los cuales luego son convertidos a estrógenos por las células de la granulosa, que han sido estimuladas por la FSH (Guáqueta, 2009).

2.4.3 Estro

Esta fase comienza con la receptividad al macho (se deja montar por vacas y toros), e involucra todos los cambios que permiten la ovulación y comienzo de la formación del cuerpo lúteo. Durante el estro, cuya duración es de 18 ± 6 hs, la vaca manifiesta inquietud, ansiedad, brama con frecuencia y pierde el apetito; en el caso de las vacas lecheras, se reduce su producción. Las vacas presentan descarga de mucus con mínima viscosidad (filante), cuyo olor atrae y excita al toro (presencia de feromonas), edema de vulva y en el útero se produce un aumento del tono miometrial, detectado fácilmente por palpación transrectal.

Durante esta fase, los estrógenos en altas concentraciones alcanzan el umbral de estimulación del centro cíclico hipotalámico, estimulando a las neuronas hipotalámicas a producir el pico de GnRH y en consecuencia el pico de LH. Con respecto a la FSH, disminuye su secreción, consecuencia del feed back negativo estrogénico y de la inhibina, con excepción del momento en que se produce el pico preovulatorio de LH, en que puede aparecer un pico de FSH. Posteriormente, 4 a

12 hs después de la onda de LH, se incrementan la concentración basal y la amplitud de los pulsos de FSH, relacionándose esto con la primera onda de crecimiento folicular (de Especialidades Veterinarias, 2005).

Luego de 12 a 24 hs de comenzado el celo, el sistema nervioso de la vaca se torna refractario al estradiol y cesan todas las manifestaciones psíquicas del mismo. (Rippe, 2009).

2.4.4 Metaestro

Inmediatamente después de finalizado el celo se inicia el metaestro que puede durar de 3 a 5 días. Durante el metaestro ocurre la ovulación, que tiene lugar entre 28 a 32 horas después de haberse iniciado el celo, o entre 10 a 15 horas de haber cesado los signos de celo en respuesta al pico preovulatorio de LH (Rippe, 2009).

Después de la ovulación se produce una hemorragia y el folículo se llena de sangre, convirtiéndose en una estructura conocida como cuerpo hemorrágico. El proceso siguiente es la luteinización de las células foliculares que se transformaran en células luteales; estos cambios ocurren entre el día 5 a 7 del ciclo, finalizando así la fase de metaestro e iniciándose la fase lútea o diestro (de Especialidades Veterinarias, 2005).

2.4.5 Diestro

Es la fase más prolongada del ciclo estral y está comandada por la acción de la progesterona y la presencia del cuerpo lúteo. La LH que indujo la ovulación es también responsable de una serie de cambios en las células de la granulosa para dar lugar a la formación del cuerpo lúteo, que alcanza el diámetro máximo alrededor de los 8 a 10 días después de la ovulación. La progesterona en sangre se incrementa de forma paralela al crecimiento del cuerpo lúteo, hasta alcanzar los

máximos niveles alrededor del día 10 y mantenerse elevada hasta el día 16 o 18 del ciclo (Guáqueta, 2009).

Algunos días después empezar una nueva onda de crecimiento folicular, estimulada por la acción de la FSH, que dará lugar a un nuevo folículo dominante no ovulatorio que finalmente sufrirá atresia y permitirá el desarrollo de otra onda folicular.

Los días 16 a 18 del ciclo estral son críticos para el mantenimiento de la función del cuerpo lúteo y los niveles de progesterona elevados. Si la vaca no está gestante, el cuerpo lúteo será destruido por la liberación de $\text{PGF2}\alpha$ producida en el útero. Esta hormona es transportada directamente al cuerpo lúteo donde interfiere con la síntesis de progesterona, disminuyendo los niveles sanguíneos de esta última, lo cual permite que la FSH estimule el crecimiento de un nuevo folículo 3 a 4 días después. Simultáneamente con el rápido crecimiento del folículo dominante de esa onda se da un incremento sustancial de los niveles de estrógenos, lo que hace que el ciclo se repita y la vaca empiece a presentar un nuevo ciclo estral (Guáqueta, 2009).

2.5 SINCRONIZACIÓN DEL CICLO ESTRAL DE BOVINOS

2.5.1 Protocolo Ovsynch

Es un método de sincronización que está en las fases tempranas de desarrollo se utiliza GnRH y PGF o sus análogos para sincronizar estro y ovulación.

El método involucra la administración de GnRH inyectada en el día 0, para producir la ovulación de los folículos dominantes, una inyección de prostaglandina se aplica 7 días después para la regresión del cuerpo lúteo producido, una segunda inyección de GnRH se da 48 horas después de la prostaglandina, aunque algunos proponen un rango de 32 a 64 horas después de aplicada la prostaglandina, período que el folículo dominante necesita para la maduración. Esta inyección final de GnRH sirve para aumentar la sincronización de la ovulación dentro del grupo de vacas tratadas,

además comienza una ovulación fecunda en vacas que no han exhibido estro todavía. Las vacas son inseminadas a tiempo fijo de 16 a 24 horas después de la última aplicación de GnRH. Generalmente se recomienda que vacas que presenten celo entre la inyección de prostaglandina y la segunda inyección de GnRH sean inseminadas 12 horas después de detectado el celo (Rodríguez, 2003).

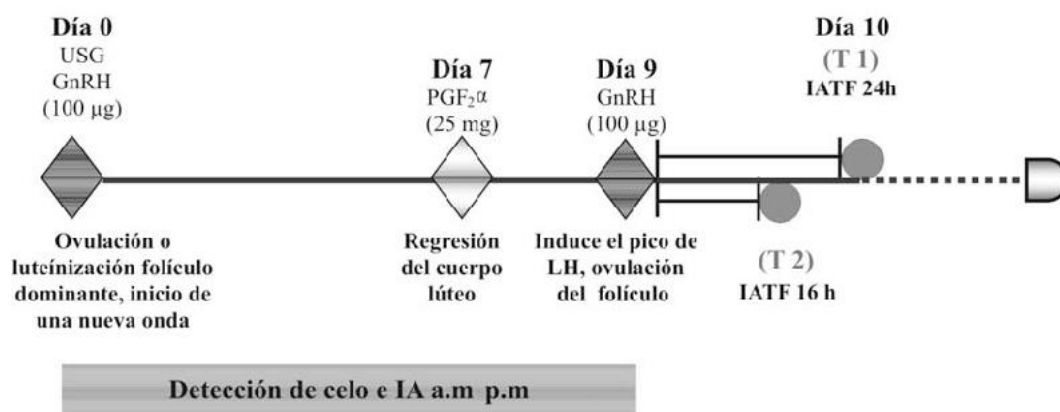


Figura1: (Gutiérrez et al., 2005).

Aplicación de dosis del protocolo de Ovsynch		
Hormonas	Dosis	Días de tratamiento
GnRH	100 µg	0
PGF ₂ α	25 mg	7
GnRH	100 µg	9
IATF	-----	16-24 horas

Tabla 1: (Gutiérrez et al., 2005).

2.5.2 Protocolo Cosynch

Este protocolo de sincronización de la ovulación es igual al Ovsynch, pero la diferencia está en que la IATF se realiza al mismo día que se administra la segunda inyección de GnRH, con lo que se disminuye el movimiento del ganado a tres oportunidades reportan con el uso del protocolo Cosynch en vacas en ordeña una concepción de 23% (Fernández, 2007).

Inicia con la aplicación de una dosis al día 0 de GnRH, luego al día 7 se administra PGF_{2α} y 48 horas posterior, se administra una segunda dosis de GnRH y en el momento se hace la IA. La GnRH desencadena el pico de LH que induce la ovulación. Sin embargo, estudios iniciales en vacas con ternero al pie demostraron que los porcentajes de preñez con el Co-Synch 48 (GnRH e IA 48 h después de la PGF_{2α}) fueron menores (49%) que los obtenidos con el Ovsynch (57%) (Obando, 2020).

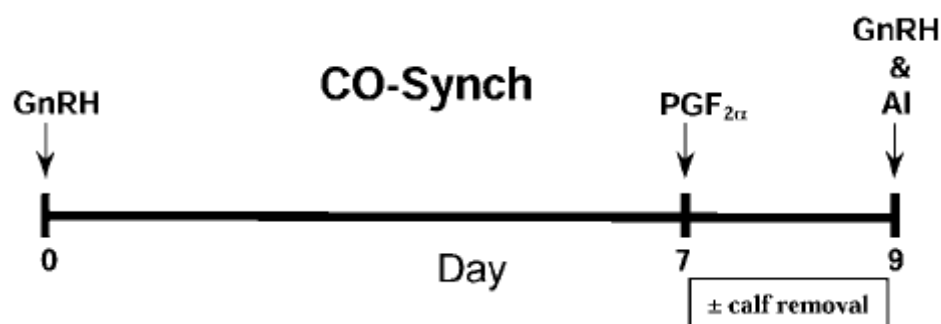


Figura 2: (Geary et al., 2001).

Protocolo Cosynch		
Hormona	Dosis	Días de tratamiento
GnRH	100 µg	0
PGF _{2α}	25 mg	7
GnRH + IATF	100 µg + IATF	9

Tabla 2: (Geary et al., 2001).

2.5.3 Protocolo Presynch

Este protocolo incluye una pre-sincronización con PGF_{2α} con intervalo de 11 o 14 días. El inicio de aplicación de la GnRH es 11 o 14 días después de la segunda aplicación de PGF_{2α}, luego a los 7 días se aplica PGF_{2α} y 48 horas después la

segunda aplicación de GnRH. La IATF se realiza de 16-18 horas posterior a la aplicación de GnRH. La efectividad del protocolo en la ovulación a la segunda aplicación de GnRH es de 70-80%%) (Obando, 2020).



Figura 3: (Morales y Cavestany, 2012).

Hormonas	Dosis	Das de tratamiento
PGF2α	25mg	0
PGF2α	25mg	14
GnRH	100 µg	26
PGF2α	40 mg	33
GnRH	100 µg	35
IATF	-----	16-20 horas , después del GnRH

Tabla 3: (Moreira et al., 2001).

2.5.4 Doble ovsynch

El protocolo Doble-Ovsynch han aumentado la fertilidad en comparación con las vacas que recibieron el protocolo Presynch-Ovsynch (50% vs 42%, $P = 0,03$). Curiosamente, hubo una interacción de tratamiento por grupo de parición en el que el protocolo Doble-Ovsynch aumentó la fertilidad sólo en las vacas primíparas (65% vs 45%, $p = 0,02$) y no en multíparas (38% vs 39%) (Fricke, 2012). Esto podrá deberse a que el doble Ovsynch es efectivo para el tratamiento de vacas anovulatorias, especialmente si son primíparas. El tratamiento consta que el protocolo Ovsynch es usado durante el periodo de presincronización (Souza et al.,

2008).



Figura 4: (Khalloub & Bartolomé, 2008).

Protocolo Doble Ovsynch		
Hormonas	Dosis	Días de tratamiento
GnRH	100 µg	0
PGF _{2α}	25mg	7
GnRH	100 µg	9
GnRH	100 µg	16
PGF _{2α}	25mg	23
GnRH	100 µg	25
IATF	-----	16 horas

Tabla 4: (Khalloub & Bartolomé, 2008).

2.5.5 Sincronización mediante protocolo G6G

Este protocolo mejora la tasa de fertilidad del protocolo OVSYNCH en un 10 a 15 %. Pursley y Martins (2013) en dos estudios encontraron que cuando se aplica la primera dosis de GnRH de OVSYNCH el "día 6" del ciclo estral (referido como **G6G**); el 97% de las vacas ovularon, indujeron un CL accesorio, presentaron significativamente mayores concentraciones de P4 y por tanto una mayor probabilidad de gestación (Arias, 2014).

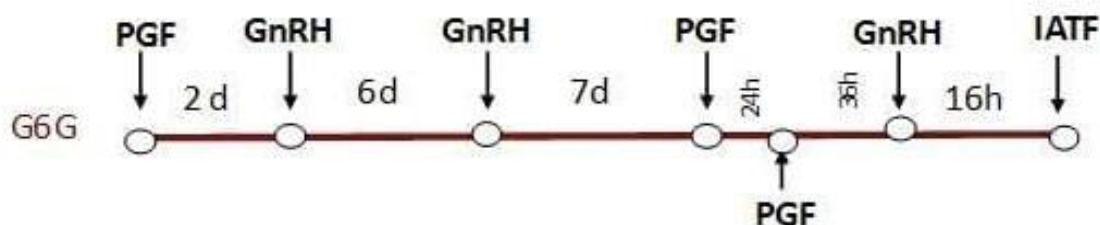


Figura 5: (Astiz, 2013).

Protocolo G6G		
Hormonas	Dosis	Días de tratamiento
PGF2 α	25 mg	0
GnRH	100 μ g	2
GnRH	100 μ g	8
PGF2 α	25 mg	15
GnRH	100 μ g	17
IATF	-----	16 horas

Tabla 5: (Bello y Pursley, 2006).

2.5.6 Protocolo Ovsynch + CIDR

Se han desarrollado adecuaciones al protocolo Ovsynch, como la adición de progestágenos a través de dispositivos intravaginales que pueden mejorar la fertilidad. Sin embargo, existen pocos reportes, y comúnmente muestran resultados contradictorios respecto al uso de esta técnica. Diversos investigadores, reportan un incremento del 5 % en la tasa de concepción entre los 32 y 60 días posteriores a la inseminación, al incluir progesterona mediante dispositivos intravaginales en conjunto con Ovsynch. Por el contrario, Bartolome et al., reportan que la inclusión de CIDR no mejora la tasa de gestación. En la Comarca Lagunera, a pesar de la gran importancia que reviste la industria del bovino lechero, cuyo comportamiento reproductivo genera bajas en la fertilidad de las vacas, existen pocos reportes con

el objetivo de aumentar su fertilidad, motivo por el cual se evaluó el uso de Ovsynch más la inserción de un CIDR en vacas de alta producción (Rodríguez et al., 2018).

Hormonas	Dosis	Vías de administración
GnRH	100 µg	0
CIDR	1.38 g Disp. Intravaginal	0
PGF2a	25 mg	7
CIDR	Retiro del dispositivo	7
GnRH	100 µg	9
IATF	-----	10

Tabla 6: (Rodríguez et al., 2018).

2.5.7 CIDR utilización de dispositivos intravaginales

Uno de los más utilizados es el CIDR-B. Este dispositivo consta con un implante en forma de T de silicona con un molde de nylon impregnado con 1,9 g de progesterona. La mucosa vaginal absorbe aproximadamente 0,5 a 0,6 mg de progesterona al día, determinándose esta forma el bloqueo hipotalámico-hipofisiario. El dispositivo es introducido en la cavidad vaginal a través de un aplicador semejante a un espejulo que mantiene las extremidades de la T aproximadas a manera de facilitar su introducción. La extremidad distal del CIDR contiene un filamento de nylon que al final del periodo de utilización sirve para la remoción del dispositivo por tracción (Campaña & Gamboa, 2012).

El protocolo tradicional de utilización del CIDR preconiza la permanencia del dispositivo en la cavidad vaginal por un periodo de 9 días. En el día de aplicación del dispositivo se recomienda la aplicación intramuscular de 2 mg de Benzoato de Estradiol, principalmente con el objetivo de sincronizar el crecimiento folicular. En este mismo momento se administran 50 mg de progesterona vía intramuscular para auxiliar el inicio del bloqueo. Para grupo de animales cíclicos que serán tratados, se

hace necesaria la aplicación de prostaglandina al momento de la retirada de los dispositivos. Como auxiliar del desencadenamiento de la ovulación, es de utilidad la administración de 1 mg de Benzoato de Estradiol intramuscular en el décimo día del protocolo, realizando la inseminación artificial a tiempo fijo cercano a las 50 hs posteriores a la retirada del dispositivo (Campaña & Gamboa, 2012).

Protocolo de dispositivo CIDR intravaginal		
Hormonal	Dosis	Días de tratamiento
CIDR + Benzoato de estradiol	Colocar CIDR + 2 mg de Benzoato de estradiol	0
CIDR + PGF _{2a}	Retirar CIDR + 5 ml PGF _{2a}	7
Benzoato de Estradiol	1 mg de Benzoato de estradiol	8
IATF	50 horas después de B.E.

Tabla 7: (Martínez, 2007).



Figura 6: (Zárate et al., 2010).

CONCLUSIÓN.

La importancia de la sincronización del estro en bovinos lecheros es tener un hato uniforme tanto en su crecimiento y producción, son técnicas de gran importancia para lograr un mejoramiento genético.

Es de gran importancia lograr predeterminar el sexo de las crías ya que en la cría para leche son de valor las hembras y muy poco valor los machos. La obtención de mayor número de terneras en proporción significativa respecto a los machos se hizo posible a partir de la creación del citómetro de flujo con capacidad de seleccionar los espermatozoides X e Y por la diferencia del ADN (aproximadamente 4 % en bovinos), con una confiabilidad del 90 %. Pero para poder realizar estos procesos se debe conocer los aspectos, anatómicos, fisiológicos, endocrinológicos y farmacológicos para poder implementar los protocolos.

También debemos de considerar uno de los factores que causa mayores limitaciones en el rendimiento reproductivo del ganado bovino, es la falla en la detección de celo en una forma eficiente y precisa que permita una inseminación a tiempo para lograr una buena eficiencia reproductiva en el rebaño. Se ha reportado una alta correlación (0.92) entre un largo intervalo entre partos y la falla en la detección del estro, mientras que la correlación entre éste parámetro y la tasa de concepción es sólo de 0.32; esto indica que la detección de celo juega un papel primordial cuando se usa inseminación artificial. Es por eso que se realizó este trabajo de investigación de los protocolos usados en un hato lechero sobre la sincronización de bovinos lecheros. Cabe mencionar que existen más protocolos de sincronización para el ganado lechero, tanto para el ganado de carne, pero en este caso nos enfocamos más en el ganado lechero.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFIA

- Arias, L. A. (2006). *Ecografía y reproducción de la vaca*. Santiago Compostela: Universidad de Santiago de Compostela.
- Aries, D. C. (2014). *Mejora De La Eficacia Reproductivo Del Ganado*. Trabajo Fin De Máster. Universidad De Córdoba, Córdoba. Obtenido De [Https//Docplayer. Es/76783479-Universidad-De-Cordoba.html](https://docplayer.es/76783479-Universidad-De-Cordoba.html)
- Astiz, S. (2013). *Protocolos de pre-sincronización de elección a primera inseminación en granjas de leche: importancia del número de partos*. Dpto. Reproducción Animal (INIA). Lechería, Barcelona, Spain.
- Atuesta, J., & Diaza, A. G. (2011). *Control hormonal del ciclo estral en bovinos y ovinos*. *Spei Domus*, 7(14).
- Barrios González, H. R. (2012). *Utilización de lavado uterino con solución salina isotónica para el diagnóstico de metritis subclínica en vacas lecheras* (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala).
- Bartolome JA, van Leuwen JJ, Thieme M, Sa'filho OG, Melendez P, *et al*. Synchronization and resynchronization of inseminations in lactating dairy cows with the CIDR insert and the Ovsynch protocol. *Theriogenology* 2009;72(6):869-878.
- Becaluba F. Sitio Argentino de Producción Animal. [Online].; 2006 [cited 2020 Octubre 20. Available from: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/92-metodos_sincronizacion.pdf.
- Bello, NM, Steibel, JP y Pursley, JR (2006). La optimización de la ovulación a la primera GnRH mejoró los resultados de cada inyección hormonal de Ovsynch en vacas lecheras lactantes. *Revista de ciencia láctea*, 89 (9), 3413-3424.
- Botana López, L. M., Landoni, M. F., & Martín-Jiménez, T. (2002). *Farmacología y terapéutica veterinaria* (No. V500 BOTf).

- Campaña Lara, J. M., & Gamboa Guamani, O. A. (2012). Evaluación de dos métodos de inducción de celo (Cidr vs Presynch) y su influencia en la concepción de vaconas de la hacienda Prado Verde del cantón Píllaro (Bachelor's thesis, Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia).
- Campos Gutiérrez, K. D. J., Zúñiga Acuña, E. F., & Velázquez Guadamuz, O. H. (2015). Estudio comparativo de tres métodos de sincronización de celos en bovinos (Doctoral dissertation, UNIAV).
- Carlos, G. A. (2008). Hormonas de la producción bovina. En Desarrollo Sostenible de Ganadería Doble Propósito.
- Chicaiza Iza, G. N. (2017). Efecto de la Aplicación de Flavonoides en el Puerperio Bovino (Bachelor's thesis, Ecuador, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).
- Cobos Villavicencio, O. X. (2011). La leptina y su relación en los procesos neuroendocrinológicos reproductivos de la hembra bovina. Recuperado a partir de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/3049>.
- Colazo, M. G., & Mapletoft, R. (2017). Fisiología del ciclo estral bovino. *Ciencia Veterinaria*, 16(2), 31-46.
- Cortés, M. E., Hauyón, R., González, F., & Vigil, P. (2012). Evidencia de Fractalidad en un Patrón de Cristalización de Moco Cervical Bovino Obtenido en Estro. *International Journal of Morphology*, 30(4), 1461-1465.
- Cruz Cruz, E. (2015). Efecto de la oxitocina exógena en la lactación, fertilidad y días abiertos en vacas de doble propósito.
- David Alonso, B. F. (2019). Procesamiento de semen bovino (monografía de licenciatura). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México.
- De Especialidades Veterinarias, L. (2005). Fisiología reproductiva del bovino.
- Dirandeh, E., Roodbari, AR, Gholizadeh, M., Deldar, H., Masoumi, R., Kazemifard, M. y Colazo, MG (2015). La administración de prostaglandina F_{2α} 14 días antes de iniciar

un protocolo de inseminación artificial programada con G6G o G7G aumentó la progesterona circulante antes de la inseminación artificial y redujo la pérdida de gestación en vacas Holstein multíparas. *Revista de ciencia láctea*, 98 (8), 5414-5421.

Echeverría, J. (2006). Endocrinología Reproductiva: Prostaglandina F2a en vacas. Revisión bibliográfica. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 7(1), 1-12.

Fernández, D., & Salazar, E. (2007). Determinación de niveles de progesterona en sangre luego de la administración parenteral de progesterona y evaluación de diferentes protocolos de sincronización de celos en vaquillonas de la raza Holando.

Filipiak, Y., Larocca, C., & Martínez, M. (2017). Comportamiento del Semen Bovino Sexado Congelado-Descongelado en Fertilización in vitro (FIV) Capacitado Mediante BO en dos Concentraciones versus Percoll. *International Journal of Morphology*, 35(4), 1337-1341

Fricke, P. M. (2012). PREPARACIÓN DE LAS VACAS PARA LA PRIMERA INSEMINACIÓN POSTPARTO. *XVII*, 32, 41.

Geary, TW, Whittier, JC, Hallford, DM y MacNeil, MD (2001). La extracción de terneros mejora las tasas de concepción con los protocolos Ovsynch y CO-Synch. *Revista de ciencia animal*, 79 (1), 1-4.

Giraldo Giraldo, J. J. (2019). Una mirada al uso de la inseminación artificial en bovinos. *Revista Lasallista de investigación*, 16(1), 244-252.

Guáqueta, H. (2009). Ciclo Estral: Fisiología básica y estrategias para mejorar la detección de celos. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 56(III), 163-183.

Gutiérrez-Añez, J. C., Palomares-Naveda, R., Sandoval-Martínez, J., De Ondíz-Sánchez, A., Portillo-Martínez, G., & Soto-Belloso, E. (2005). Uso del protocolo ovsynch en el control del anestro postparto en vacas mestizas de doble propósito. *Revista Científica*, 15(1), 7-13.

- Hafez, E. S. E., & Hafez, B. (2007). Reproducción e inseminación artificial en animales. McGraw-hill.
- Hoyos Muñoz, C. E., & Bastidas Vallejo, Y. E. (2017). Métodos de sincronización de celo en bovinos de leche aplicables para la meseta de Popayán.
- Hoyos, R. O. (2004). COMPARACION DE CUATRO PROTOCOLOS DE SINCRONIZACION DE CELO EN VACAS HOLSTEIN OVSYNCH, CIDR-B, PGF2 α DOSIS REDUCIDA, NATURAL (Prov. Warnes, Dpto. Santa Cruz) (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD AUTONOMA GABRIEL RENE MORENO).
- Kelly Alvear, G. E. (2014). Caracterización de las alteraciones del aparato reproductor de la hembra bovina a nivel de camal.
- Khalloub, P. D., & Bartolomé, J. (2008). EVALUACIÓN DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE PRESINCRONIZACIÓN EN UN RODEO LECHERO CON SERVICIO ESTACIONADO. Sitio Argentino de Producción Animal, (39), 30-35.
- Llosa Valencia, W. (2016). Características del aparato reproductor en vacas criollas en el matadero de Quicapata a 2800 msnm Ayacucho-2015.
- Martínez, M. B. (2007). Efecto de los progestágenos Crestar® y CIDR® en la inducción y sincronización de celos en ganado cebuino, en la hacienda las Mercedes, Departamento de Francisco Morazán, Honduras.
- Matamoros, R. (2017). Efectos fisiológicos de las hormonas reproductivas. Fundamentos de fisiología y endocrinología reproductiva en animales domésticos, 71.
- Mayta Ccuno, E. A. (2015). Patología y prevalencia de la sinequia bursa ovárica en vacunos Criollo y Brown Swiss beneficiados en el Camal Municipal de Azángaro.
- Morales, J. T., & Cavestany, D. (2012). Anestro posparto en vacas lecheras. Veterinaria (Montevideo), 48(188), 19-27.
- Moreira, F., Orlandi, C., Risco, C. A., Mattos, R., Lopes, F., & Thatcher, W. W. (2001). Effects of presynchronization and bovine somatotropin on pregnancy rates to a timed

artificial insemination protocol in lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, 84(7), 1646-1659.

Mosquera Maza, E. P. (2018). Evaluación de un Protocolo de IATF con Progestágenos a base de implantes y Benzoato de Estradiol post retiro del implante en Ganado Bovino en el sector de Tanicuchí Hacienda Santa Clara (Bachelor's thesis, Ecuador, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).

Naranjo Chacón, F. (2019). Tasa de gestación de embriones bovinos criopreservados producidos mediante ovulación múltiple usando diferentes dosis de FSH y eCG (Doctoral dissertation, Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Agrícolas. Región Xalapa).

Nebel, R., & DeJarnette, M. (2011). Anatomía y fisiología de la reproducción bovina. *SELECT SIRE INC*, 6.

Obando Suarez, D. A. (2020). Bases farmacológicas y actualización de la sincronización del celo bovino.

Ortega, Á., Olivares, A., Murcia, C., Díaz, D., González-Padilla, E., Montero, A., ... & Perera-Marín, G. (2016). Actividad biológica e inmunológica de las isoformas de carga de la hormona luteinizante bovina. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 7(1), 29-51.

Ortuño, A. D. (2020). Manual de inseminación artificial de ganado.

Palomera, C. L., Ramírez, G. J., & Rodríguez, F. A. (2007). Producción de leche en vacas de doble propósito tratadas con oxitocina bajo condiciones de trópico húmedo mexicano. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 15, 15-24.

Proaño Gavilanes, L. D. (2015). Evaluación de tres protocolos de sincronización de celos, en la reproducción de vacas lactantes Holstein Friesian. CADET, Tumbaco, Pichincha (Bachelor's thesis, Quito: UCE).

Puentestar Palma, F. J. (2015). Evaluación de la superovulación con la hormona gonadotropina menopáusica humana en bovinos, en el laboratorio de biotecnología

de la reproducción de la carrera de medicina veterinaria de la Universidad Técnica de Cotopaxi (Bachelor's thesis, LATACUNGA/UTC/2015).

- Ramírez, I., & Lílido, N. (2009). La bioestimulación femenina en el ganado bovino.
- Rippe, C. A. (2009, March). El ciclo estral. In Dairy Cattle Reproduction Conference (pp. 111-116).
- Rodríguez Morales, M. J. (2003). Efecto de la sincronización estral con un progestágeno y del método de sincronización de la ovulación sobre la tasa de preñez en ganado de doble propósito, en Finca San Julián (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala).
- Rodríguez-Martínez, R., Chavarría Neri, I. C., Meza-Herrera, C. A., Alvarado-Espino, A. S., Morales Cruz, J. L., González-Álvarez, V. H., ... & Ángel-García, O. (2018). Eficiencia reproductiva de Ovsynch+ CIDR en vacas Holstein bajo un esquema de inseminación artificial a tiempo fijo en el norte de México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 9(3), 506-517.
- Romero-Santamaría, M. E., Flores-Mariñalarena, A., García-Macías, J. A., Anchondo-Garay, A., Rodríguez-Muela, C., Durán-Meléndez, L. A., & Jiménez-Castro, J. A. (2009). Sincronización de estros en bovinos con dos fuentes de prostaglandinas. *Tecnociencia Chihuahua*, 3(1), 19-26.
- Sagbay Díaz, C. F. (2012). Efecto de la gonadotropina coriónica equina (ecg) aplicada al momento de retirar el dispositivo de progesterona (p4) sobre el porcentaje de preñez en vacas Holstein post-parto (Bachelor's thesis).
- Silva, M. A. M., & Pimentel, L. A. (2017). Mejoramiento genético en bovinos a través de la inseminación artificial y la inseminación artificial a tiempo fijo. *RIAA*, 8(2), 247-259.
- Souza, A. H., Ayres, H., Ferreira, R. M., & Wiltbank, M. C. (2008). A new presynchronization system (Double-Ovsynch) increases fertility at first postpartum timed AI in lactating dairy cows. *Theriogenology*, 70(2), 208-215.
- Sucasaca, S. E. (2017). Respuesta a la inducción por oxitocina en la producción de leche de vacunos Brown Swiss de altura.

Toctaquiza, H., & Alexandra, V. (2011). evaluación de diferentes métodos de sincronización del celo en vacas lecheras en la provincia de Pastaza (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).

Zárate-Martínez, J. P., Ramírez-Godínez, J. A., & Rodríguez-Almeida, F. A. (2010). Comportamiento reproductivo de vacas criollas con amamantamiento restringido y sincronización del estro. *agronomía mesoamericana*, 21(1), 121-130.