

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**Efecto del protocolo Ovsynch a dos momentos post-parto sobre la tasa de concepción de vacas
Holstein de un establo lechero**

POR

ANA CECILIA ORTIZ CAMACHO

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA

OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

TORREÓN, COAHUILA

MAYO DE 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

Efecto del protocolo Ovsynch a dos momentos post-parto sobre la tasa de concepción de vacas Holstein de un establo lechero.

POR
ANA CECILIA ORTIZ CAMACHO

TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA POR

PRESIDENTE:



DR. CARLOS LEYVA ORASMA

VOCAL:



DR. OSCAR ANGEL GARCIA

VOCAL:

F. A. - H. - C.

DR. FERNANDO ARELLANO RODRÍGUEZ

VOCAL SUPLENTE:



DRA. VIRIDIANA CONTRERAS VILZARREAL



M.V.Z. J. GUADALUPE RODRÍGUEZ MARTÍNEZ
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



TORREÓN, COAHUILA

MAYO DE 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

Efecto del protocolo Ovsynch a dos momentos post-parto sobre la tasa de concepción de vacas Holstein de un estable lechero.

POR
ANA CECILIA ORTIZ CAMACHO

TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ DE ASESORÍA COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA POR

ASESOR PRINCIPAL:



DR. CARLOS LÉYVA ORASMA



M.V.Z. J. GUADALUPE RODRÍGUEZ MARTÍNEZ
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal

TORREÓN, COAHUILA

MAYO DE 2018

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Por haberme guiado siempre por el buen camino y saber agradecer todo lo que mi familia ha hecho por mí y por todas las bendiciones que he recibido

Al Dr. Carlos Leyva Orasma

Por haber sido mi guía en esta etapa, haberme apoyado en la realización de mi tesis y por haber sido mi maestro y haberme compartido sus conocimientos.

Al Dr. Oscar García

Agradezco infinitamente toda la ayuda que me brindo para sacar adelante este trabajo.

A mi Alma Mater

Agradezco los conocimientos que en esta universidad adquirí y por haberme abierto las puertas

Al establo La Luna

Por todas las facilidades que ahí se me brindaron para realizar este trabajo y haberme permitido practicar ahí

Al médico Adrian Nava

Le agradezco de todo corazón haberme ayudado en este trabajo y en los muchos que realice durante los 5 años.

Al Dr. Oscar Ángel García

Le agradezco el haber sacado adelante este trabajo conmigo

Al Dr. Juan David Hernández Bustamante

Gracias por los consejos, por ser más que mi maestro mi amigo y mi gran ejemplo a seguir

A mis amigas Diana e Ivonne

Las quiero mucho y gracias por estos 5 años de amistad y siempre estar conmigo en las buenas y malas a pesar de todo.

A Elsy

Te agradezco los miles de consejos que me diste y que siempre me alentaste a ser una mejor persona, te quiero infinitades.

DEDICATORIAS

A mis padres Gerardo Ortiz y Ángeles Camacho

Todo esto es dedicado con todo el cariño para ellos que siempre estuvieron apoyándome y sacrificándose por darme lo mejor, que fue haberme dado la oportunidad de estudiar una carrera.

A mis hermanos Daniel Ortiz y Julio Ortiz

Les agradezco todo el apoyo que me han dado siempre y los consejos que nunca estuvieron de más.

A mis tíos Gerardo Camacho, Graciela Camacho y Ricardo Ortiz

Por estar conmigo ayudándome desde muy lejos en todo lo que necesite, por los ánimos y los consejos.

A mis abuelos

Por ser buenos conmigo y darme ánimos

A Dolly

Fuiste mi compañera estos años y hoy quiero dedicarte mi trabajo especialmente a ti, gracias por todo te amare por siempre.

RESUMEN

El objetivo fue evaluar la eficiencia del Ovsynch a dos momentos postparto y su efecto sobre la fertilidad en vacas de la raza Holstein lecheras en producción al primer servicio postparto. El estudio se llevó en la Comarca Lagunera (25° 44' Norte, 103° 10' Oeste a 1,111 msnm) durante diciembre y enero. Las vacas (n=301) fueron pre-sincronizadas con dos inyecciones de PGF2 α a los 35 y 47 días posparto y asignadas a uno de dos tratamientos (n=150): 1) recibió el protocolo Ovsynch 72: 200 mg de PGF2 α (im día 1), 100 mg de GnRH(i.m día 7), 200 mg de PGF2 α (i.m día 9), 2) Ovsynch a 62: 200 mg de PGF2 α (im día 1), 100 mg de GnRH(i.m día 7), 200 mg de PGF2 α (i.m día 9). Todas las vacas fueron expuestas a un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF; 16 a 20h posteriores a la última inyección). Se registró tanto el porcentaje de preñez a primer servicio, el número de vacas repitiendo celo considerando dos periodos 1). ≤ 24 , así como los días abiertos. Mientras que no existió diferencia entre grupos para tasa de preñez (OV72=13%, OV62=17%; $P > 0.05$), el porcentaje de vacas que manifestaron celo después de la IATF difirió ($P < 0.05$) entre tratamientos. Existió diferencia entre los días abiertos (OV72=150 (± 0.0), OV62=108 (± 0.0); $P > 0.05$).

Palabras clave: Sincronización, Tasa de preñez, Ovsynch, Ovulación

Contenido

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIAS	ii
RESUMEN	iii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. Hipótesis.....	2
3. Objetivo.....	2
4. REVISIÓN DE LITERATURA	3
4.1 Fisiología de la Reproducción.....	3
4.2 Fertilidad del ganado lechero.....	3
4.3 Ciclo estral.....	4
4.3.1 Fase folicular o de regresión lutea.....	4
4.3.2 Fase periovulatoria (estro y metaestro)	5
4.3.3 Fase luteal (diestro).....	6
4.4 Actividad ovárica durante el anestro postparto.....	7
4.5 Endocrinología de la Reproducción	7
4.5.1 Hipotálamo.....	8
4.5.2 Hipófisis.....	8
4.6 Hormonas de la reproducción.....	9
4.6.1 Hormonas hipotalámicas	10
4.6.2 Hormonas hipofisarias gonadotropicas	11
4.6.3 Hormonas esteroides gonadales.....	12
4.6.4 Hormonas uterinas.....	15
4.7 Comportamiento de parámetros reproductivos en ganado lechero.....	16
4.7.1 Días abiertos.....	16
4.7.2 Tasa de desecho.....	16
4.7.3 Servicios por concepción.....	17
4.7.4 Síndrome de la vaca repetidora.....	17
4.8 Estrés calórico como factor de la infertilidad.....	17
4.9 Protocolos de sincronización de la ovulación	20
4.9.1 Ovsynch.....	22
4.9.2 Presynch-Ovsynch.....	24
4.9.3 Cosynch.....	25
4.9.4 Select Synch	25
4.9.5 Heatsynch	26
4.9.6 Resynch (0).....	26
4.6.7 Resynch (7).....	27
5. MATERIALES Y METODOS	28
5.1. Localización, animales y manejo.....	28
5.2 Variables evaluadas	29
5.3 Análisis estadísticos	29
6. RESULTADOS	30
7. DISCUSION	31

8. CONCLUSIÓN.....	33
9. LITERATURA CITADA	34

1. INTRODUCCIÓN

En el norte de México se localiza una de las cuencas lecheras más importantes del país y de Latinoamérica, la Comarca Lagunera, la cual constituye una de las actividades económicas más importantes de la región dado su impacto en la producción nacional pecuaria obteniendo una gran derrama económica (Vázquez, 2012). La región cuenta con una población de 90,000 vacas de las razas Holstein y Pardo Suizo, que producen más de un millón de litros diarios (Muro *et al.*, 2012).

Las condiciones naturales de la región, prevalece el clima árido, el principal sistema de producción de leche que se adoptó en esta región fue el intensivo o modelo Holstein como también se le conoce. Este modelo de producción de leche consiste en incorporar elementos tecnológicamente nuevos en la forma de producir leche, como la adopción de la inseminación artificial para el mejoramiento genético (Padilla, 2015). La eficiencia reproductiva de los hatos lecheros ha disminuido durante los últimos 10 años debido principalmente a un aumento de la producción individual de las vacas, a un aumento del número de total de animales y a una intensificación de las medidas de manejo del hato. Esta disminución de la eficiencia reproductiva se debe principalmente a una disminución en el porcentaje de detección de celo (disminución de la exactitud y en la intensidad de detección de celos) en dichos hatos (Giraldo *et al.*, 2008).

Existen diversos métodos complementarios para mejorar la detección de celo, la sincronización de ovulaciones que se ha convertido en una alternativa viable y fácil de implementar con la que se puede obtener una fertilidad del 35 al 40% (Giraldo *et al.*, 2008). Se han desarrollado diversos protocolos de sincronización de estro que se conocen como protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) (Cutaia *et al.*, 2003). Dentro de las principales causas que provocan baja fertilidad en el ganado bovino está la pobre detección del estro (Roelofs *et al.*, 2010), que ha sido considerada como la principal responsable del incremento en los días abiertos cuando se implementa un programa de inseminación artificial (Taberlet *et al.*, 2008). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la eficiencia del programa de sincronización Ovsynch 72 y Ovsynch 62” en vacas de la raza Holstein altas productoras a primer servicio sobre algunos parámetros reproductivos.

2. Hipótesis

El protocolo Ovsynch ofrece mejores resultados a los 62 días post-parto que en periodos más tardíos.

3. Objetivo

Comparar el efecto del protocolo Ovsynch a los 62 y 72 días post-parto sobre el porcentaje de preñez al primer servicio en vacas Holstein.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Fisiología de la Reproducción

El desempeño reproductivo es el principal componente de la eficiencia productiva en las explotaciones ganaderas de leche, y uno de los factores que afectan la eficiencia reproductiva es el intervalo entre partos, el cual está directamente influenciado por el anestro post-parto (Rojas, 2012). Una nutrición adecuada es esencial para la recuperación de la actividad ovárica luego del parto, cuando el consumo de nutrientes es inadecuado y las reservas corporales están disminuidos, el intervalo parto primer estro se extiende. Todo lo anterior ha llevado a recurrir a técnicas que permiten sincronizar el estro y la ovulación, para asegurar que la inseminación coincida con esta última (Rojas, 2012). La capacidad reproductiva de las hembras bovinas depende de cómo se llevan a cabo eventos fisiológicos como: secreción hormonal, fertilización, implantación, formación del embrión, preñez y parto. La fertilidad puede ser interrumpida en cualquiera de los estadios de reproducción mencionados, los cuales son controlados fisiológicamente por el hipotálamo, la hipófisis, los ovarios, la glándula adrenal y el tracto reproductivo (Callejas, 1995). El proceso reproductivo de la vaca está regulado por una cascada compleja de la combinación de actividades del sistema nervioso central, tejidos secretores, tejidos diana y varias hormonas. El sistema nervioso central (SNC) recibe información del entorno del animal y transmite la información relevante para la reproducción a las gónadas a través del eje hipotálamo-hipófisis-ovario (EHO) (Rivas, 2015).

4.2 Fertilidad del ganado lechero

La baja fertilidad es actualmente el problema reproductivo más importante en los hatos lecheros, y se considera que es el que más afecta la productividad en la industria lechera (Núñez, 2010). Para la producción óptima tanto de leche como de terneros, el objetivo es que generalmente, cada vaca del hato produzca un ternero sano por año (es decir, que su intervalo entre parto debe ser de 365 días). Una mejor fertilidad, disminuye la eliminación no deseada, permitiendo una mayor permanencia de las hembras que se quiere preservar por sus condiciones, la eficiencia reproductiva constituye un conjunto de medidas expresadas en parámetros reproductivos de beneficio rentable, mientras que la ineficiencia reproductiva comprende uno de los problemas que resultan ser muy costosos en la ganadería lechera, por tanto, la baja fertilidad es una preocupación para los ganaderos, investigadores y profesionales afines por representar un agravante a la ganadería bovina (Núñez, 2010).

La alta producción de leche por sí misma no disminuye la fertilidad, si no son los cambios metabólicos que impone la producción de grandes volúmenes de leche asociados con un consumo inadecuado de nutrientes. Las vacas lecheras después del parto caen en un balance energético negativo el cual afecta el control neuroendocrino de la reproducción, lo cual se ha asociado con un retraso en la primera ovulación posparto y con la baja fertilidad (Núñez, 2010).

4.3 Ciclo estral

El ciclo estral se define como el tiempo que hay entre dos periodos de estro, el tiempo promedio del ciclo estral de la vaca es de 21 días (rango 17-25) y se produce en forma continua a lo largo del año, por lo que se clasifica a las hembras bovinas como poliestricas continuas (Lara, 2013).

4.3.1 Fase folicular o de regresión lutea

Este periodo, cuya duración es de 3 días, comienza con la regresión del cuerpo lúteo del ciclo anterior y finaliza con la manifestación del 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 PGF2 alfa de origen uterino el principal luteolítico en los animales domésticos y en la mayoría de los roedores (Rivas, 2015). Durante el proestro o fase folicular existe un folículo dominante (FD), el cual llega a medir $\frac{3}{4}$ a 1 pulgada y con la apariencia de una ampolla llena de líquido folicular y el ovulo que será ovulado. Muchos folículos pueden llegar a desarrollarse durante el proceso de dinámica folicular, pero solo uno (2 o 3 en caso de gemelos o trillizos) será el folículo dominante seleccionado para ser ovulado. Este folículo dominante se diferencia de los demás en que es estimulado coordinadamente por las hormonas FSH y LH para producir estrógenos. La pared del folículo consta de dos filas de células: una interna que está en contacto con el ovulo llamada células de la granulosa y otra más externa llamada células de la teca; entre las dos hay una membrana llamada membrana basal. Estos dos tipos de células trabajan coordinadamente durante el desarrollo del folículo para producir estrógenos. El incremento en los niveles de estrógenos del folículo preovulatorio alcanzan los centros nerviosos del hipotálamo que controlan las manifestaciones externas de celo. Aquí se inicia la fase de celo o estro (Rivas, 2015). 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 gonadotropinas (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 periodo de celo o estro (Rojas, 2012).

4.3.2 Fase periovulatoria (estro y metaestro)

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 horas, la vaca manifiesta inquietud, ansiedad, brama con frecuencia y pierde el apetito; en el caso de las vacas lecheras, se resiente su producción. Las vacas presentan descargas 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 (Rojas, 2012).

Con respecto a la FSH, disminuye su secreción consecuencia del feed back negativo iatrogénico 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 horas 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. Luego de 12 a 24 horas de comenzado el celo, el sistema nervioso de la vaca se torna refractario al estradiol y cesan todas las manifestaciones psíquicas del mismo (Rojas, 2012).

El periodo inmediato a la finalización del celo, es el metaestro (6 días). En este periodo ocurre la ovulación de la vaca, a diferencia de las otras especies que lo hacen durante el celo, y comienza la organización celular y desarrollo del cuerpo lúteo. La ovulación ocurre 28 a 32 horas de iniciado el celo y es desencadenada por el pico preovulatorio de LH. A la ovulación sigue hemorragia profunda y el folículo se llena de sangre convirtiéndose en cuerpo hemorrágico. En formación del cuerpo lúteo (luteinización) se producen una serie de cambios morfológicos y bioquímicos que permiten que las células foliculares se transformen en células luteales, cambios que finalizan al séptimo día con un cuerpo lúteo funcional (Rojas, 2012). Los signos de estro ocurren gracias a la presencia de los estrógenos provenientes del folículo. En cierto momento los niveles de estrógenos son los suficientemente altos en concentración y duración como para inducir los síntomas de celo o calor, así como para incrementar las contracciones del tracto reproductivo facilitando el transporte del esperma y

del ovulo; estos altos niveles de estrógenos afectan también a centros endocrinos en el hipotálamo que controlan la liberación de GnRH del hipotálamo y esta a su vez la liberación de FSH y LH de la adenohipofisis (Rivas, 2015).

El incremento de LH se inicia después de que se hayan iniciado los signos de celo e inicia el proceso de ovulación. La LH es generalmente considerada como la gonadotropina primaria responsable de la ovulación, sin embargo, la FSH también ha sido observada como causante de ovulación y de formación de tejido luteal. Los niveles de FSH incrementan en amplitud unas horas después del pico de LH, relacionándose con el inicio de la primera oleada folicular (Rivas, 2015).

4.3.3 Fase luteal (diestro)

El diestro se prolonga alrededor de 12 a 15 días. Corresponde al periodo durante el cual el cuerpo lúteo está produciendo progesterona. Cuando se produce la muerte del embrión durante este periodo crítico se prolongara la duración de la fase de diestro; esto explica los ciclos estrales de 25 a 35 días que se observan cuando se produce muerte embrionaria precoz (Cajeca, 2012). Este es el periodo más largo del ciclo estral, llamado también periodo de la función del cuerpo amarillo. Aun cuando la vaca no queda preñada, el cuerpo amarillo se transforma en un órgano funcional que elabora grandes cantidades de progesterona, que ingresa a la circulación general y afecta el desarrollo de la glándula mamaria y el crecimiento del útero. El miometrio se hipertrofia por influencia de la progesterona, y las glándulas uterinas secretan un material viscoso y espeso que servirá de nutrición al cigoto. El desarrollo glandular continua a todo lo largo del aparato genital tubular. En caso de llegar un cigoto al útero, el cuerpo amarillo persistirá durante toda la gestación. Si el huevo no es fecundado, el cuerpo amarillo permanece funcional hasta el día 17 aproximadamente, después del cual empieza a regresar en preparación para un nuevo ciclo (Arthur, 1991).

4.4 Actividad ovárica durante el anestro postparto

El anestro postparto es el tiempo que transcurre entre el parto y el primer calor postparto (Short *et al.*, 1990). Su duración es el factor más determinante en la eficiencia reproductiva. Durante el periodo postparto de los bovinos, la actividad reproductiva frecuentemente es afectada por factores externos e internos, los cuales por diversos mecanismos y con diferente intensidad perturban el equilibrio neuroendocrino, prolongando el anestro postparto y disminuyendo la eficiencia reproductiva. Desde tiempo atrás varios investigadores han informado la presentación de periodos de anestro prolongado prepuberal o en el postparto del ganado bovino, que conducen al retraso de la pubertad o a la presentación de periodos prolongados entre el parto y el servicio fértil (días abiertos). Esta situación se encuentra afectada por la nutrición, el amamantamiento, la salud, la raza, a producción de leche, la presencia del macho y factores climatológicos, los cuales actúan sinérgica e independientemente para alterar la función ovárica postparto. Durante el anestro postparto el nivel de progesterona sérica se encuentra por debajo del límite de sensibilidad de las pruebas y el examen ovárico efectuado por tacto rectal revela la presencia de ovarios pequeños o planos, carentes de cuerpo lúteo, lo cual denota ausencia de ciclicidad ovárica (Rojas, 2012).

Esta condición es designada por los médicos veterinarios como “ovarios lisos”, función ovárica anormal postparto u ovarios estáticos. Contrario a la designación basada en tacto rectal, los estudios ultrasonográficos seriados de los ovarios de vacas anestrícas, revelan que a partir de la primera o segunda semana postparto se desarrolla una secuencia de ondas foliculares, con presencia de folículos dominantes que pueden ovular o desarrollar atresia para dar paso a la emergencia de una nueva onda folicular. De lo anterior se deduce que el anestro prolongado no se debe a ausencia de folículos dominantes si no a una falla para ovular (Rojas, 2012).

4.5 Endocrinología de la Reproducción

El sistema nervioso central (SNC) recibe información del entorno del animal (estímulos visuales, olfativos, auditivos y táctiles) y transmite la información relevante para la reproducción a las gónadas mediante el eje hipotalámico-hipófisis-ovárico. No solo son productores de hormonas, si no también órganos diana, por lo que constituyen un sofisticado sistema homeostático de retroalimentación mediante el cual regulan su propio ritmo de secreción. La interrelación entre estos componentes se realiza a través de la vía neurohormonal (Yanzaguano, 2013).

4.5.1 Hipotálamo

Forma parte de la base del cerebro y sus neuronas producen la Hormona Liberadora de las Gonadotropinas o GnRH; la GnRH se difunde a través de los capilares al sistema hipofisario y de allí a las células de la hipófisis anterior, en donde su función es estimular la producción y secreción de las hormonas hipofisarias Hormona Folículo Estimulante (FSH) y Hormona Luteinizante (LH) involucradas en la reproducción. El estradiol ejerce una retroalimentación positiva sobre el hipotálamo y la hipófisis, incrementando la frecuencia de los pulsos de GnRH. Por encima de un cierto nivel umbral de estradiol, el hipotálamo responde con un pico de GnRH que, a su vez, induce un pico de LH que desencadena la ovulación (Yanzaguano, 2013).

4.5.2 Hipófisis

Está formada por una parte anterior o adenohipofisis y una posterior o neurohipofisis. La adenohipofisis produce varios tipos de hormonas, de las cuales la FSH y la LH cumplen un papel relevante en el control neuroendocrino del ciclo estral. La FSH es la responsable del proceso de esteroideogénesis ovárica, crecimiento y maduración folicular, y la LH interviene en el proceso de esteroideogénesis ovárica, ovulación, formación y mantenimiento del cuerpo lúteo. Estas hormonas son secretadas a la circulación en forma de pulsos y son reguladas por dos sistemas, el tónico y el cíclico (Larriva, 2013).

El sistema tónico produce el nivel basal circulante de hormonas hipofisarias las cuales promueven el desarrollo de los elementos germinales y endocrinos de las gónadas. El sistema cíclico es evidente por solo 12 a 24 horas en cada uno de los ciclos reproductivos de la hembra. El modo cíclico tiene por función primaria causar la ovulación. La neurohipofisis almacena la oxitocina producida por el hipotálamo. Esta hormona tiene varias funciones como son intervenir en el mecanismo del parto, bajada de la leche, transporte espermático y proceso de luteolisis (Larriva, 2013)

Existen dos gonadotropinas que la glándula pituitaria produce, almacena y libera. La primera es la hormona folículo estimulante (FSH), que estimula el rápido crecimiento de folículos pequeños, y la hormona luteinizante (LH que ayuda a la producción de progesterona y también estimula la producción de estrógeno (Larriva, 2013)

4.6 Hormonas de la reproducción

La reproducción de la hembra está regulada por numerosas hormonas, secretadas por glándulas especializadas (endocrinas), que generalmente pasan a la sangre o linfa que las transporta a partes específicas del animal (órgano “blanco”) donde realizan su función (Palomares, 2009).

El cerebro regula la secreción de las glándulas endocrinas a través de las hormonas, sustancias químicas producidas por tejidos específicos, que se vierten directamente en el torrente circulatorio en respuesta a determinados estímulos provocando una respuesta funcional específica, la cual puede manifestarse tanto en forma inmediata como mediata. Como resultado de dicho proceso de transferencia, la célula receptora de dicho estímulo, modifica su comportamiento a través de cambios en sus esquemas metabólicos. Los tipos de acciones promovidas por las hormonas pueden ser modificaciones en la permeabilidad de las membranas o en los mecanismos de transporte; modificación de la síntesis proteica y/o modificación de la actividad enzimática celular. De acuerdo con su estructura química las hormonas pueden agruparse en esteroides, aminas y aminoácidos, proteínas, derivados de ácidos grasos y péptidos. En cambio, si se tiene en cuenta el criterio funcional, se les considera neurosecretoras, tróficas, glandulares, tisulares o sustancias mediadoras. Según la velocidad de acción y la duración de la respuesta las hormonas pueden clasificarse como de respuesta rápida y corta duración o de respuesta lenta y persistente. Por último, podemos considerar otra clasificación de acuerdo con la naturaleza de la respuesta metabólica que producen y en tal caso consideramos aquellas de carácter catabólico y anabólico cuyos efectos implicarían un ascenso o descenso de los niveles de AMP cíclico intracelular (Palomares, 2009). Las hormonas en general, son eliminadas de la circulación por mecanismos variados: las proteínas y polipeptidos son catabolizados a sus aminoácidos constitutivos principales en el hígado, el riñón y los diferentes órganos efectores; los esteroides son inactivados en el hígado, el riñón u otros tejidos, o, por su naturaleza, pueden ser secuestrados en tejido adiposo; las prostaglandinas son rápidamente inactivadas por los órganos efectores o removidas de la circulación por el pulmón y el hígado (Palomares, 2009). En general, la secreción es un proceso que no mantiene una velocidad uniforme y sostenida y puede ser generada tanto en respuesta a un estímulo interno como a uno del medio o puede estar sujeta a variaciones cíclicas como en el caso de las hormonas gonadotróficas, ováricas o las esteroides en general. Las hormonas necesitan ser secretadas desde las células donde son sintetizadas para ejercer sus acciones biológicas, aunque también pueden presentar una actividad paracrina y autocrina.

Pueden sufrir modificaciones post transnacionales, las cuales ocurren en determinados compartimientos subcelulares y son llevadas a cabo en una estricta sucesión de eventos intracelulares, que dan origen a productos biológicamente activos. La biosíntesis de pro hormonas es mediada por enzimas endoproteolíticas y son modificadas enzimáticamente a lo largo del proceso de síntesis. Los controles por retroalimentación están dados por el sistema de retroalimentación negativa, en el cual el aumento de la concentración de las hormonas da lugar a una menor producción de las mismas, usualmente a través de una interacción con el hipotálamo o con la hipófisis (Palomares, 2009).

4.6.1 Hormonas hipotalámicas

La oxitocina y la ADH (Hormona Anti diurética), son dos hormonas que se sintetizan en el hipotálamo y se almacenan en la neurohipofisis. La vida media de la oxitocina es muy corta (menos de 5 minutos) ya que es degradada rápidamente por las endopeptidasas del hígado y riñón. Las funciones fisiológicas de la oxitocina son: la contracción de la musculatura uterina y modificación de los umbrales de excitabilidad del miometrio en el útero. Durante el parto, la oxitocina actúa en el proceso de la expulsión del feto, la contracción de los vasos sanguíneos umbilicales y la contracción del útero después de concluir el parto, para asegurar la hemostasia. También provoca el incremento de las contracciones del oviducto y de esta manera, interviene en el transporte tanto de los gametos masculinos como femeninos. Los estrógenos aumentan la capacidad de reacción de la musculatura lisa a la oxitocina, mientras que la progesterona tiene un efecto inverso. Otras funciones de la oxitocina es la estimulación de las células mioepiteliales de los alveolos mamarios. La oxitocina exógena ejerce una acción luteolítica en vacas y cabras (Hafez, 1987).

Las sustancias que controlan la liberación de las hormonas hipofisarias fueron inicialmente denominadas factores de liberación. A medida que se conocieron sus estructuras químicas, se les ha llamado hormonas liberadoras de las gonadotropinas. La GnRH es un decapeptido (10 aminoácidos) con un peso molecular de 1.183 Daltons. Esta hormona induce la liberación tanto de la hormona luteinizante (LH) como de la hormona folículo estimulante (FSH) a partir de la hipófisis (Olhagaray, 2004). La síntesis de un gran número de análogos estructurales de a GnRH ha tenido gran importancia en el establecimiento de las reacciones de estructuras y actividad de esta hormona. Se han sintetizado dos tipos básicos de análogos de GnRH. Los análogos antagonistas parecen unirse al receptor en la hipófisis pero no induce la liberación de LH o FSH y bloquea la acción de la hormona natural. Los análogos estimuladores inducen la liberación de LH y FSH, al igual que la GnRH natural.

La función principal de la GnRH es inducir la síntesis y liberación de LH y FSH. Durante el ciclo estral la GnRH se va a secretar en pulsos (Olhagaray, 2004).

La hormona GnRH juega uno de los roles más importantes en la fase folicular del ciclo estral. Esta a través de su acción directa en la liberación de LH y FSH, tiene la habilidad de ovular folículos maduros para formar un CL en el primer caso e inducir el reclutamiento y estimular el crecimiento folicular en el segundo. La síntesis y secreción de la GnRH establece la interfase crítica entre los sistemas endocrinos nerviosos que controlan y nerviosos que controlan la reproducción. Esta interrelación entre los dos sistemas se hace por medio de mediadores hormonales. Uno de estos sistemas es el sistema Hipotálamo-Hipofisario-Gonadal que se encuentra regulado por la GnRH, sintetizada por las neuronas hipotálamicas, transportada por el sistema porta-hipotálamo-hipofisario y estimulando la hipófisis a segregar dos hormonas gonadotróficas, la LH y la FSH que serán volcadas a la circulación para actuar sobre el ovario y estimularlo a producir esteroides gonadales. Estos esteroides regulan a su vez tanto la función hipotálamica como la hipofisaria completando el circuito de este eje (Rusiñol, 2008). Desde el punto de vista práctico se puede inferir que a partir de la síntesis de agonistas de esta hormona, es que se han desarrollado diferentes aplicaciones para este fármaco, como por ejemplo tratamiento de quistes ováricos, estimulación de la ovulación, manejo de las ondas foliculares, desarrollo de sistemas de sincronización de ovulaciones para las inseminaciones artificiales y transferencia de embriones, etc. (Rusiñol, 2008).

4.6.2 Hormonas hipofisarias gonadotróficas

Son glicoproteínas producidas y liberadas por la hipófisis anterior, de donde se vierten al torrente sanguíneo, para así alcanzar su objetivo: las gónadas. Favorecen la maduración gonadal y la esteroidogénesis, capacitando al organismo para que se pueda reproducir. La síntesis y la liberación de las hormonas gonadotróficas hipofisarias, son reguladas por la hormona hipotálamica liberadora de gonadotrofinas (GnRH), misma que provee el enlace entre los sistemas nervioso y endocrino (Palomares, 2009). Hormona folículo estimulante (FSH) Acrónimo del inglés (Follicle-Stimulating Hormone). Hormona gonadotrófica, de naturaleza glicoproteica producida por el lóbulo anterior de la glándula hipófisis, que se encuentra en el cerebro. Está compuesta por dos subunidades diferentes denominadas alfa y beta, el peso molecular es de aproximadamente 32.000 daltons, la vida media de esta hormona va de 2 a 5 horas. Esta hormona en la hembra estimula el crecimiento, desarrollo y función del folículo en los ovarios para que, de esta manera, el ovulo o huevo se encuentre disponible para la fertilización. La FSH, además junto con la LH estimula la síntesis de estradiol e inhibina en las células teca de los folículos en desarrollo, que a su vez actuarán en conjunto suprimiendo la liberación de FSH por la hipófisis (Palomares, 2009).

El incremento en los niveles preovulatorios de FSH parece estar gobernado por los mismos mecanismos que determinan el pico de LH, es decir, un estímulo de la secreción de la GnRH provocado por un feed

back positivo con los estrógenos ováricos. Se produce un segundo incremento en los niveles de FSH alrededor de 24 horas luego del pico de LH, se ha vinculado este incremento con el crecimiento de los folículos del ciclo siguiente. Este segundo incremento de FSH no está gobernado por los mismos mecanismos que el preovulatorio. En este caso la GnRH parece no tener ningún efecto, siendo la desaparición de los retrocontroles negativos ováricos (principalmente inhibina y estradiol) producida por la ovulación lo que permite un aumento tónico de FSH (Yanzaguayo, 2013)

La LH es una glicoproteína, compuesta de una subunidad α y otra β con un peso molecular de 30.000 Daltons, y una vida media de 30 minutos. Los niveles tónicos o basales actúan con la FSH para inducir la secreción de estrógenos de los folículos ováricos. Las células de la teca interna contienen receptores para LH y mediante su estímulo producen andrógenos. Estos luego pasan a través de la membrana basal a las células de la granulosa, donde mediante la acción de la FSH se induce la aromatización de estos andrógenos para transformarse en estrógenos. El pico preovulatorio de LH induce una cadena de acciones enzimáticas que terminara con la ruptura de la pared folicular y dará lugar a la ovulación. La LH es la principal sustancia luteotrópica en animales domésticos (Olhgaray, 2004). Estimula la síntesis de androstenediona a partir del colesterol. El estradiol ejerce una retroalimentación positiva sobre el hipotálamo y la hipófisis, incrementando la frecuencia de los pulsos de GnRH, a su vez, induce un pico de LH que desencadena la ovulación, estimula la maduración de los folículos, la producción de estradiol y la ovulación. La LH también apoya la formación y la función temprana del cuerpo lúteo (Echeverría, 2006).

Aumenta la síntesis de progesterona a partir del cuerpo lúteo preparando al útero para la implantación del embrión disminuyendo el tono miométrial, aumentando la viscosidad del mucus y cerrando el canal cervical. Además del pico preovulatorio, inducirá la activación del oocito para que continúe la meiosis (Peters *et al*, 1994).

4.6.3 Hormonas esteroideas gonadales

Los estrógenos son las hormonas más importantes en las hembras para las características sexuales (derivadas del ciclo pentano perhidro fenantreno), son producidos por los ovarios, la placenta durante la preñez, y en menores cantidades por las glándulas adrenales. En los programas de inseminación a tiempo fijo. Se utiliza generalmente el valeriato, cipronato y benzoato de estradiol (Sintex, 2005).

El principal estrógeno que secreta el ovario es el estradiol-17 β , aunque el estriol y estrona son secretados en menores concentraciones. La producción del estradiol por parte del folículo, es un proceso en el que

intervienen tanto las células de la teca y la granulosa con el aporte de FSH y LH en un mecanismo llamado de dos células, dos gonadotropinas (Olhagaray, 2004).

La hormona luteinizante (LH) interacciona con su receptor ubicado en las células de la teca interna y produce andrógenos; estos pasan a través de la membrana basal y entran en las células granulosas. En estas actúa la hormona folículo estimulante hipofisiaria (FSH), quien estimula una enzima aromatasa que transforma a los andrógenos en estrógenos, los cuales pasan al líquido folicular y a la circulación general. Posteriormente llegan a su blanco y ejercen su acción mediante el modelo de receptor móvil o intracelular. Los estrógenos tienen acciones sobre distintos órganos blanco, como las trompas de Falopio, el útero, la vagina, la vulva y el sistema nervioso central. A nivel uterino, actúan como hormonas tróficas provocando la proliferación de células y glándulas endometriales; las que aumentan su secreción. En el miometrio producen hipertrofia de la capa muscular circular y longitudinal y sensibilizan sus células a la acción de la oxitocina, por lo cual favorecen la contractibilidad y conductibilidad de las mismas. También producen congestión de los vasos sanguíneos con edema del estroma. En el cérvix producen relajación, aumentan su diámetro y aparece una abundante secreción mucosa, filante y transparente. En la vagina y la vulva los vasos se congestionan los vasos y aparece edema, además, en la vagina se estimula el crecimiento del epitelio hasta la cornificación. En las Trompas de Falopio se produce la hipermotilidad y se estimula su crecimiento. En el sistema nervioso central se estimula la conducta de celo y en el hipotálamo ejercen un feed back negativo sobre el centro tónico y positivo sobre el centro cíclico (Rojas, 2012). En la biosíntesis de los estrógenos existe una canalización que se hace por un miembro de la familia del citocromo P450, también conocido como citocromo aromatasa P450 que es el producto del gen CYP19. Esta proteína es la responsable de unir el estrato esteroide androgenico C19 y al catalizar la serie de reacciones forman fenol A, que es característico de los estrógenos (Núñez. 2010).

Los estrógenos tienen un efecto de retroalimentación positiva sobre el hipotálamo produciendo la liberación de GnRH que a su vez inducirá la liberación de FSH y LH en la hipófisis anterior (Yanzaguayo, 2013). El uso de estradiol exógeno en el control del ciclo estral tiene como objetivo desencadenar la luteolisis, cuando es aplicado a la mitad del ciclo o impedir el crecimiento de un nuevo cuerpo lúteo cuando es aplicado luego de la ovulación. Así mismo el estradiol al ser aplicado al momento de la aplicación del progestágeno suprime la onda folicular presente e induce el desarrollo de una nueva onda folicular de 3 a 4 días (Rojas, 2012)

La progesterona es la hormona encargada del mantenimiento de la gestación, ya que proporciona el estímulo hormonal que es requerido para el desarrollo uterino y posterior implantación placentaria, además

de mantener la inmovilidad uterina. Junto con los estrógenos, los progestágenos forman el binomio hormonal femenino por excelencia (Lara, 2013)

El fundamento de su empleo es que tanto la progesterona endógena como exógena bloquean la liberación de hormona folículo estimulante (FSH) y hormona luteinizante (LH) y cuando se retira se produce un incremento gradual de la concentración de estas gonadotropinas, principalmente de la LH que culmina en una oleada ovulatoria; aproximadamente a las 48 horas después de retirado el efecto de la progesterona en el caso de las vacas que responden al tratamiento. La progesterona tiene un rol importante sobre la dinámica folicular ovárica, los niveles supraluteales, provocan la regresión del folículo dominante y aceleran el recambio de las ondas foliculares, este cese de la secreción de productos foliculares (estrógeno e inhibina) produce el aumento de FSH que va a ser la responsable del comienzo de la emergencia de la siguiente onda folicular. Por otro lado la caída de progesterona a niveles subluteales inducen el incremento de la frecuencia de los pulsos de LH, el crecimiento y la persistencia del folículo dominante con concentraciones muy altas de estradiol que provocan por un lado el celo y a nivel endocrino inducen finalmente el pico de LH que es seguido por la ovulación (Lara, 2013).

La exposición a niveles elevados de progesterona seguida de su declinación (priming de progesterona) parecen ser pre-requisitos para una diferenciación normal de células de la granulosa, una expresión normal de celo y el desarrollo post ovulatorio del CL con una fase luteal normal. El mecanismo involucra el efecto del incremento de la frecuencia de los pulsos de LH sobre la producción de estrógenos foliculares, desarrollo de los receptores de LH y luteinización. La presencia de una fuente exógena de progesterona permite imitar la acción inhibidora de los niveles luteales de esta hormona sobre la secreción pulsátil de LH, con la supresión del crecimiento del folículo dominante y el consiguiente desarrollo sincrónico de una nueva onda de desarrollo folicular (Rojas, 2012).

Las funciones estrógenos y progesterona no siempre son antagónicas y en algunos procesos actúan juntas. El ratio de concentración estrógenos/progesterona determina el inicio y duración de la conducta estral. El desarrollo uterino es iniciado por los estrógenos y completado por la progesterona. Los estrógenos causan contracción uterina cerca del momento del celo y la ovulación para ayudar al transporte espermático. La progesterona elimina la contracción uterina que podría afectar la preñez, hace que se forme tejido secretor (alveolos) de la glándula mamaria. Lo que hace evidente la importancia de esta hormona es la regulación del ciclo estral (Palomares, 2009).

4.6.4 Hormonas uterinas

Prostaglandinas (PGF₂α). Son metabolitos obtenidos del ácido araquidónico a través de la vía metabólica conocida como ciclooxigenasa. Entre ellos puede mencionarse a la PGF₂α, sustancia con actividad marcada sobre el control del ciclo estral. Es responsable de inducir la luteolisis hacia el final del diestro o gestación. 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). Dependiendo de la estructura química del anillo ciclo pentano, las prostaglandinas se dividen en cuatro grupos A, B, E y F, cada grupo posee diferentes propiedades fisiológicas y farmacológicas. Debido a que las prostaglandinas tienen actividad luteolítica, las hembras deben estar ciclando normalmente para que sean efectivas. Cabe mencionar que la prostaglandina solo es efectiva después del día 6 o 7 del ciclo.

La PGF₂α y sus análogos son los agentes farmacológicos más utilizados en programas de sincronización de celos. El tratamiento con PGF₂α causa la regresión del cuerpo lúteo maduro y se han desarrollado muchos protocolos de sincronización de celos que la utilizan. Uno de los problemas de la sincronización de celos con PGF es la baja fertilidad a los esquemas de IATF. Esto se debe a que el intervalo desde el tratamiento hasta la ovulación es afectado por el estadio del folículo dominante en el momento de la aplicación de la PGF. Por lo tanto, para tener buenas tasas de preñez con estos esquemas es necesario detectar el celo de los animales para realizar la IA a las 12 horas, es decir, que la detección de celos sigue condicionando su aplicación y resultados (Lara, 2013).

El mecanismo de acción de la PGF se hace a nivel local por transferencia o intercambio vascular a contracorriente, desde la vena utero-ovarica hacia la arteria ovárica. El mecanismo de liberación de la PGF se realiza en forma pulsátil e interviene en la regulación neuroendocrina del ciclo estral mediante su efecto luteolítico, mientras que el E2 interviene en el ablandamiento del cérvix durante el proestro y estro (Rusiñol, 2009).

Desde que se demostró que las prostaglandinas tenían propiedades luteolíticas, las PGF sintéticas han sido ampliamente usadas en la sincronización de celos en bovinos. Si bien esta hormona en su forma sintética puede ser usada efectivamente para regresar el CL en bovinos entre los 6 y 14 días, es inefectiva en diestros tardíos. Tampoco es efectiva en el periodo de reposo sexual en vacas en anestro fisiológico por amamantamiento debido a la ausencia de un cuerpo lúteo y en aquellos animales en anestro por subnutrición (Rusiñol, 2009).

La PGF no es efectiva para la inducción de la luteolisis hasta unos 5 o 6 días después del celo y si el tratamiento se administra cuando el ciclo estral está avanzado, puede que la luteolisis ya haya comenzado por la acción de la PGF endógena. Cuando se induce la luteolisis con un tratamiento de PGF, el comienzo del estro se distribuye en un periodo de 6 días. Esta variación se debe al estado del desarrollo folicular al momento del tratamiento (Colazo *et al*, 2007).

Es producida por las células de la granulosa en la hembra, inhibe la liberación de FSH por la hipófisis sin alterar la liberación de la LH y participa en la liberación de LH y FSH por la hipófisis (Hafez, 1997).

Interviene en el mecanismo de regulación de la secreción de FSH, ejerciendo un feed back negativo a nivel hipofisiario sobre el estradiol, lo que conduce a la disminución en la secreción de FSH. Al final de la fase lútea disminuyen las cantidades de estradiol-inhibina y nuevamente aumenta la FSH para comenzar el reclutamiento de folículos para los ciclos venideros (Sintex, 2005).

4.7 Comportamiento de parámetros reproductivos en ganado lechero

La vaca es poliestrónica anual y cada ciclo dura entre 17 y 23 días, el celo entre 6 y 18 horas, y la ovulación tiene lugar entre 24 y 30 horas después de comenzado el celo. Después de la ovulación el cuerpo lúteo (CL) se desarrolla y la concentración plasmática de progesterona aumenta entre el día 4 y 12 del ciclo para permanecer constante hasta luteolisis que comienza entre los días 16 y 19.

4.7.1 Días abiertos

Los días abiertos son los días transcurridos desde el parto hasta la siguiente preñez que, en este caso vendría a ser el intervalo parto-concepción. Este parámetro no debe exceder a los 100 días, por lo que se maneja el primer servicio a los 60 días post-parto (puerperio), la ausencia prolongada de celo después del parto se ve afectado por el clima, alimentación, nivel de producción, edad y estado patológico de los genitales después del parto, la variación en el número de servicios a la concepción refleja la variación en fertilidad de la hembra, y esta es reflejada directamente en la tasa de preñez, como el número alto de servicios, lo que resulta en prolongado días abiertos, los cuales incrementan la alimentación, inseminaciones, costos veterinarios y periodos de espera voluntarios más largos.

4.7.2 Tasa de desecho

En México las tasas de desecho han aumentado en los últimos años de un 25% a un 35% en hatos lecheros, y han tenido un gran impacto en la compra y selección de vaquillas, esta etapa representa en la ganadería un punto crucial en la producción de leche, debido a que de ella van a derivar los animales que

van a reemplazar a las vacas viejas, enfermas, improproductivas o con problemas reproductivos. Este parámetro indica la proporción de vacas que se eliminan del hato involuntariamente (muerte o enfermedad) o por bajo rendimiento (escasa producción, falla reproductiva, etc.). el desecho anual es variable entre hatos y fluctúa de 20% a 40%. La meta anual de este parámetro es de 30% (2.5% mensual). Se espera que la proporción de desecho involuntario y por baja producción sea 1:1; si embargo, la proporción real del segundo tipo de desecho llega a ser hasta de 70%, lo cual está asociado con el manejo intensivo al que se somete el ganado lechero. Cuando el hato tiene bajo porcentaje de desecho (15 a 20%) no necesariamente indica que está bien manejado, ya que la baja eliminación puede estar relacionada con la retención de vacas mas allá del tiempo recomendable (Hernández y Zavala, 2007).

En los establos lecheros de México, la vida productiva de las vacas es muy corta, y los desechos anuales por establo fluctúan generalmente entre el 25 y 33 por ciento. Esta situación ocasiona desembolsos importantes para la empresa agropecuaria, al aumentar los costos por depreciación de vientres en el establo y disminuir la disponibilidad de vaquillas de reposición en el país (Neri, 2015).

4.7.3 Servicios por concepción

Este parámetro se puede calcular de la suma de todos los servicios ya sea con inseminación artificial (IA) o monta natural (MN) realizados en las vacas que resultaron preñadas durante un periodo dividido para el numero de vacas confirmadas preñadas en el mismo periodo (Gonzales, 2001).

4.7.4 Síndrome de la vaca repetidora

El síndrome de la vaca repetidora (SVR) es considerado después del anestro posparto el problema reproductivo más importante que compromete el éxito de las ganaderías en el trópico; ambos han sido identificados como las principales causas que determinan una baja eficiencia reproductiva. Una vaca se considera repetidora cuando necesita tres o más inseminaciones para preñarse y no existe una causa clínica evidente. Las vacas repetidoras (VR) son animales aparentemente sanos, que pasan desapercibidos en el examen ginecológico pero originan grandes pérdidas económicas en la explotación. Valores de prevalencia de VR entre 10 y 15% han sido reportados en vacas lecheras (Neri, 2015).

4.8 Estrés calórico como factor de la infertilidad

La intensificación de los sistemas de producción de leche, impone a los animales grandes demandas fisiológicas, que solo pueden ser satisfechas cuando existe la constitución genética adecuada,

especializada para cada fin zootécnico, y se garantiza un ambiente donde esta constitución genética pueda expresarse.

Las vacas lecheras en producción, en sistemas intensivos, deben procesar gran cantidad de los alimentos a leche, lo que implica una fuerte generación de calor que debe ser disipada para mantener el funcionamiento del animal en homeostasis. Las altas temperaturas y la humedad relativa del ambiente, que son comunes en el verano en la mayor parte de México, con frecuencia rebasan la capacidad de los mecanismos normales de los animales para la disipación del calor que generan, provocando condiciones de estrés que afectan su fisiología y homeostasis que se reflejan en la disminución del

consumo voluntario de alimentos, de la producción de leche, y por ende la eficiencia reproductiva de las vacas en producción (Lozano y Gonzales, 2003). El estrés calórico también llamado estrés térmico ocurre cuando se combinan condiciones medio ambientales que causan que la temperatura ambiental se encuentre por encima de la zona de confort o zona termoneutral de los animales (Núñez, 2010).

Las condiciones de altas temperaturas afectan de distinta manera según sea el nivel de producción y el estado fisiológico de la vaca, el estrés por calor afecta el confort y producción de las vacas lecheras. Los animales del hato de preparto y las de alta producción son la más afectadas por el calor, el estrés calórico se da cuando el organismo del animal no es capaz de bajar su temperatura corporal, ni de sobreponerse al calor existente. Los efectos más importantes del estrés calórico en los animales son el incremento del ritmo respiratorio, provocando pérdida de saliva y como consecuencia acidosis de panza, la temperatura corporal se incrementa por encima de los 39 °C, hay un incremento en las necesidades de agua, incluso puede llegar a duplicarse en condiciones de estrés severo, decrece la ingestión de alimentos, limitándose la actividad del rumen con objeto de no producir más calor andrógeno. Decrece el riego sanguíneo de los órganos del animal, disminuye la producción de leche, distorsión de los parámetros reproductivos y por consiguiente celos silenciosos, muertes embrionarias, menores tasa de concepción (Mujika, 2005).

El estrés calórico afecta varios componentes del aparato reproductivo. Durante la exposición de las vacas al clima caluroso, se presenta una reducción en la duración del estro. Esta reducción en la actividad sexual disminuye el calor metabólico producido y así reduce la carga calórica total producida por la vaca. Si el estro ocurre durante las horas más frescas de los días, tales como en la tarde o temprano en la mañana, el personal del establo puede no darse cuenta de ello. Si el estro ocurre durante el periodo caluroso del día, la vaca difícilmente llega a ser activa debido a la necesidad de buscar un área sombreada. Si los crayones o las marcas son utilizadas como ayuda en la detección del estro, esta reducción en la actividad sexual da como resultado vacas que no están siendo “borradas” o teniendo una marca en funcionamiento.

Estas alteraciones en la conducta estral de la vaca, compromete la eficiencia en la detección del estro para los programas de inseminación artificial. En suma, las vacas expuestas al calor comerán menos o estarán lejos del alimento. Esto causa que pierdan peso y alcancen un balance energético negativo, lo cual retarda el ciclo estral en el postparto o prolonga el ciclo en aquellas que han comenzado a ciclar.

El estrés calórico también altera el balance hormonal, lo cual interfiere con el proceso reproductivo que da como resultado la gestación. En particular el estrógeno, hormona que normalmente es alta alrededor del momento del estro, es significativamente más baja en vacas con estrés calórico. Esta menor diferencia afecta la intensidad del estro así como el medio ambiente del útero y el oviducto que controla la capacitación del esperma, la fertilización y la viabilidad del embrión. La sangre que fluye al útero es reducida en las vacas con estrés calórico. Tal reducción en el flujo de sangre afecta la disipación de calor del útero y la disponibilidad de nutrientes a este, así como el desarrollo embrionario. Estos cambios alteran el balance y sincronización que existe entre el embrión y el útero culminando en una pérdida de gestación (Risco, 2009).

Algunas razas son más susceptibles que otras, lo cual depende básicamente de los mecanismos que tiene cada raza para regular su temperatura corporal en condiciones de estrés calórico. El ganado lechero es una raza altamente susceptible a las altas temperaturas, prueba de ello está en la reducción de la fertilidad cuando este ganado se encuentra en climas cálidos o durante la época del año con mayor temperatura. Así, el porcentaje de concepción llega a caer de 40%, obtenido en los meses templados o fríos del año, hasta 15% durante el verano (Aréchiga, 2000).

El aumento de la temperatura corporal tiene efectos negativos en la reproducción. En México hay regiones en donde es evidente el efecto negativo del estrés calórico en la fertilidad; así, en las cuencas lecheras de Aguascalientes, Torreón, Chihuahua y Mexicali, se observa una reducción del porcentaje de concepción en los meses cálidos. En otras regiones del centro del país como Querétaro, San Luis Potosí o Guanajuato, todavía no se observa una clara reducción de la fertilidad debida al estrés calórico, sin embargo, dado que las vacas llevan una tendencia ascendente en la producción de leche y, en consecuencia, en la generación de calor, es posible que en los próximos años comience a ser más evidente este fenómeno. Una reducción de la fertilidad se ha observado en regiones de EE.UU. y Canadá, en donde hasta hace pocos años no era evidente el efecto del estrés calórico y actualmente ya se nota durante el verano (Moyano, 2013).

4.9 Protocolos de sincronización de la ovulación

Lograr la eficiencia reproductiva puede ser difícil, sin embargo, el manejo reproductivo comprende dos estrategias para hacerlo: a) mejorar la tasa de servicio, y mejorar la tasa de preñez, a través del uso de protocolos de IA programada y eliminando la dependencia en la detección de estros, y b) Identificación temprana de las vacas pos-servicio e implementación de una estrategia para retornarlas rápidamente al servicio, la identificación de vacas vacías pos-servicio mejora la eficiencia reproductiva y la tasa de preñez, debido a la disminución del intervalo entre servicio y al incremento en la tasa de servicio (Vásquez, 2009). El estudio de la dinámica folicular durante el ciclo estral esclarece los fenómenos que interfieren en la sincronización del celo y ovulación. Esta depende del control de algunos factores importantes como la prevención del desarrollo de folículos persistentes que contienen ovocitos envejecidos, reclutamiento de una nueva onda folicular, independientemente del estado del ciclo estral, la manipulación de la fase luteínica y la sincronización precisa del futuro folículo ovulatorio (Driancourt, 2000).

La detección de celo lleva mucho tiempo y mano de obra, depende de las influencias ambientales (mal piso e inclemencias del tiempo) y suele ser ineficiente e imprecisa. Pero estos programas de tratamientos que aseguren concentraciones circulares elevadas de Progesterona sincronizan tanto la emergencia de una nueva onda de folículos ováricos como la ovulación y que utilizan la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) sin detección de celo pueden resultar en un desempeño reproductivo satisfactorio. La presencia de comportamiento de celo no tiene importancia en los protocolos IATF. (Colazo *et al*, 2007).

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

- Facilitar el uso de la inseminación artificial.
- Elección del momento de inseminación artificial y por lo tanto de la temporada de nacimientos.
- Reducción de días abiertos y programación de intervalo entre partos.
- Menos tiempo utilizado en la detección de estros.
- Se obtienen lotes uniformes, mayor cosecha de terneros, y por lo tanto mayores ingresos.
- Las vacas se preñan y paren en una misma época.

Además para trabajar un programa de sincronización deben de considerarse varios factores

- Nutrición. El ganado debe estar en una buena condición corporal. Esto involucra niveles adecuados de materia seca en general, pero específicamente proteína, minerales y vitaminas. Se puede decir que la nutrición es el factor más importante que podría dictar el éxito o fracaso del programa.
- Para el éxito de algunos protocolos de sincronización de estros, es esencial que las hembras estén ciclando.
- Las vacas necesitan un mínimo de 45 días post parto antes de iniciar el tratamiento. Se examinan todas las vacas para determinar que sus tractos reproductivos hayan tenido una involución uterina adecuada. Salud de las vacas, la prevención y tratamiento de enfermedades, así como el control de parásitos es importante antes de la sincronización.
- Tiempo y trabajo disponible para la administración del producto, detección de celo sobre todo cuando se utiliza la inseminación artificial.
- Medios adecuados para realizar la inseminación artificial.
- Semen de alta calidad e inseminador experimentado.
- Tener medios adecuados y trabajo adicional para el manejo del ganado durante el tratamiento.

Los principales factores limitantes a una mejor expansión en la utilización de los protocolos de sincronización de celos y ovulación en vacas, está asociado relativamente a los altos costos de las hormonas; desconocimiento por parte de los técnicos sobre los mecanismos fisiológicos que rigen la función reproductiva de la vaca, situaciones frecuentes en nuestro sistema de producción con periodos de restricción alimentaría, así como una pequeña reducción de la fertilidad de los animales después de los celos inducidos. Cuando se va a implementar un programa de sincronización tenemos que caracterizar al grupo de animales que serán tratados. Esta clasificación se da básicamente considerando si se trata de vaquillonas o vacas con cría al pie y el estado del ovario. Determinados protocolos que pueden ser utilizados en vacas o vaquillonas cíclicas, son inadecuados en hembras acíclicas. El desarrollo de los métodos para el control del ciclo estral en el ganado bovino ha ocurrido en 5 fases distintas. Las bases fisiológicas para la sincronización de estros siguieron al descubrimiento de que la progesterona inhibía la maduración folicular preovulatoria y ovulación. Entonces se pensó que la regulación del ciclo estral estaba asociada con el control del cuerpo lúteo, cuyo periodo de vida y actividad secretora son regulados por mecanismos tróficos y líticos.

La fase I incluyo los esfuerzos para prolongar la fase luteal del ciclo estral o para establecer una fase lútea artificial por medio de la administración exógena de progesterona. Más tarde los agentes

progestionales fueron combinados con estrógenos o gonadotropinas en la fase II; mientras que en la fase III involucro la utilización de prostaglandinas o sus análogos como agentes luteolíticos. Los tratamientos que combinaron los progestágenos como prostaglandinas caracterizaron la fase IV.

El preciso monitoreo del folículo ovárico y el cuerpo lúteo por medio de la ultrasonografía transrectal, permitió un mejor entendimiento del ciclo estral bovino y, particularmente, de los cambios que ocurren en una onda folicular (Patterson *et al.*, 2000)

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-hipofisario simulando una fase lútea.

2-Prostaglandinas y sus análogos que actúan como agente luteolítico sobre el cuerpo lúteo (Becaluba, 2006)

4.9.1 Ovsynch

Los investigadores en Fisiología Reproductiva por largo tiempo han tratado de desarrollar un programa de sincronización de la ovulación que pueda superar los problemas y limitaciones asociados a la detección visual del celo. En el año 1995 tal programa fue desarrollado en la Universidad de Wisconsin-Madison y es hoy en día comúnmente conocido como Ovsynch. El protocolo Ovsynch sincroniza el desarrollo folicular, la regresión luteal y la ovulación de tal forma que la inseminación artificial (IA) puede ser practicada a un tiempo fijo sin la necesidad de detectar el celo. Posteriores estudios, en los que se repitió el mismo protocolo comprobaron los resultados de la publicación original y rápidamente los productores lecheros comenzaron a utilizar Ovsynch como una herramienta de manejo reproductivo.

A medida que los científicos y productores lecheros comenzaron a investigar e implementar esta nueva tecnología, comenzó una nutrida interacción entre los científicos, quienes desarrollaron estos programas, y los productores quienes los implementaron a campo. Como una forma de tratar de mejorar la sincronización y la fertilidad asociada, los investigadores comenzaron a modificar el protocolo Ovsynch original por medio de la pre-sincronización, alterando el momento de la IA en relación con la ovulación, y examinando nuevos intervalos entre las inyecciones del protocolo original.

Sin embargo, aquellos protocolos que permiten la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) y minimizan o eliminan la necesidad de detectar el celo deben poder ser de implementación práctica y no interferir o sobrecargar las actividades diarias de la operación lechera o fallar debido a la falta de cumplimiento (Fricke, 2003), lamentablemente este concepto no era una prioridad en la mente de muchos de los investigadores pioneros en el área. De esta forma fue que muchos productores lecheros comenzaron a modificar los protocolos publicados en la bibliografía científica para que se adecuen a la dinámica diaria de su operación lechera lo cual generó más investigación aplicada en este campo. Aun cuando esta interacción continua, estamos rápidamente convergiendo en las pocas opciones que mezclan lo mejor que la investigación tiene para ofrecer con la facilidad de implementación necesaria para una operación lechera (Arthur *et al.*, 1991) El Ovsynch (GnRH-PGF-2 α -GnRH) fue desarrollado como estrategia de manejo reproductivo para eliminar la necesidad de la detección de celo y permitir la inseminación a tiempo fijo, es constituido por una inyección de GnRH en fases aleatorias del ciclo estral para inducir la ovulación del folículo dominante presente en el momento del tratamiento desde que este en la fase de crecimiento o en el inicio de la fase estática. También, provocara atresia del folículo que no estuviera más viable, surgiendo una nueva onda de crecimiento folicular 2 a 3 días después del tratamiento con GnRH (Pursley *et al.*, 1995).

Siete días más tarde, es administrada PGF-2 α para regresar el CL ya existente o recientemente formado, seguida de una segunda inyección de GnRH 48 hrs más tarde para inducir una nueva ovulación sincronizada 28-32 hrs. La inseminación artificial en tiempo fijo es realizada 12 a 16 hrs post segunda inyección de segunda inyección de GnRH. Las tasas de preñez son normales después de la IATF. Este protocolo fue implementado con buenos resultados en muchas haciendas de ganado lechero comercial en todo el mundo, como una estrategia para la IATF en el primer servicio posparto, así como para la reinseminación en vacas no preñadas. El Ovsynch posibilita la IATF sin la necesidad de detección de celo, aproximadamente 10 a 15% de las vacas presentan señales de celo durante el protocolo, debiendo ser inmediatamente inseminadas, si el objetivo es alcanzar la tasa máxima de preñez (Palomares, 2009). El momento de las inyecciones es crucial para que el protocolo de buenos resultados. Si el intervalo entre la inyección de GnRH y de PGF2 α es inferior a 7 días, se disminuye la capacidad de regresión real de un CL recién desarrollado. Si la segunda inyección de GnRH es atrasada por más de 48 hrs serán entonces identificadas más vacas en celo antes de la inyección de GnRH, las vacas no ovulan de forma sincronizada y el tiempo de la inseminación estará errado.

Es fundamental que no se modifique el protocolo. Una pregunta comun es si las vacas pueden ser inseminadas en el momento de la inyeccion de GnRH o 24 hrs mas tarde para tornar el proceso de inseminacion mas practico. Las tasas de preñez son mas bajas con la inseminacion 24 hrs post GnRH, siendo que el momento ideal para la inseminacion parece ser entre 12 y 18 hrs despues de esa inyeccion (Palomares,2009).

La respuesta al protocolo Ovsynch es optimizada cuando las vacas ovulan despues de la primera inyeccion de GnRH y cuando existe un CL que responde en el momento de la administracion de PGF2 α . Los folículos que presentan periodos de dominancia de mas de 5 dias(Rusiñol, 2009) o las vacas que iniciaron el protocolo Ovsynch en las fases iniciales del ciclo estral son menos fertiles (Vasconcelos *et al.*, 1999).

El protocolo Ovsynch ha demostrado incrementar la tasa de servicio y mejorar la eficiencia reproductiva en hatos lecheros. Sin embargo, este protocolo tiene algunas limitaciones cuando se usa en vacas que no estan ciclando o en vacas que no estan en una fase apropiada del ciclo estral para iniciar el tratamiento (Pursley y Martins, 2011).

Para aumentar el rendimiento reproductivo de hatos lecheros, las vacas no preñadas necesitan ser inseminadas lo mas pronto posible despues del periodo de espera voluntario, de igual manera, aquellas que son diagnosticadas como vacias al diagnostico de gestacion (Chabel *et al.*,2003).

4.9.2 Presynch-Ovsynch

El protocolo mas comunmente conocido e implementado de presincronizacion es el Presynch. Este protocolo incluye dos dosis de PGF2 α separadas 14 dias, dando la segunda inyeccion 12 dias antes de la primera inyeccion de GnRH dentro del protocolo Ovsynch (Khalloub y Bartolome, 2008). Presynch mejora la primera concepcion de servicio comparado con Ovsynch (Bo *et al.*, 2008), y es una buena estrategia para las vacas de programacion para recibir su primera IA programada despues del parto. Dicho protocolo mejora las tasas de preñez cuando se compara con el Ovsynch sin presincronizacion. Al iniciar el Ovsynch 12 dias despues de la segunda PGF2 α del Presynch la mayoría de las vacas ciclando estaran entre el dia 5 y 10 del ciclo estral mejorando la fertilidad de la IATF (Galvao *et al.*, 2007).

4.9.3 Cosynch

Una de las modificaciones más sencillas del sistema Ovsynch clásico es el llamado protocolo Cosynch, siendo la diferencia que en este protocolo tanto la segunda inyección de GnRH como la IA se realizan al mismo tiempo; es decir, 48 hrs después del tratamiento con prostaglandina (Geary *et al.*, 2001).

Los resultados reportados han sido similares o solo ligeramente inferiores a los obtenidos con el protocolo Ovsynch, al tiempo que la necesidad de manejo se reduce (Pursley *et al.*, 2003). Se recomienda la separación de las vacas de sus becerros por 48 hrs a partir del momento de la aplicación de la PGF 2α hasta la inyección de la segunda GnRH e IA, lo que ha dado mejores tasas de gestación, comparado cuando no se realiza destete. Al igual que el Ovsynch, el Cosynch no es recomendado para novillonas (Neri, 2015).

4.9.4 Select Synch

El Select Synch se utiliza en vacas lecheras y en vacas productoras de carne. Comprende una inyección de GnRH seguida siete días después por una inyección de PGF. Se realiza detección de estros en todas las vacas a partir de 24 hrs antes de la inyección de PGF y durante siete días después. Todas las vacas detectadas en estro reciben IA 12 hrs después (Figueroa, 2008). La mayoría de las vacas que responden al tratamiento muestran signos de estro los días 2 a 4 después de la aplicación de PGF, aunque en algunas puede ser hasta 6 días después. Sin embargo, existe considerable variación en el momento del estro entre vacas o hatos, ya que en ocasiones 8 a 10% de las vacas muestran signos de estro el día anterior o el día de la inyección de PGF (Figueroa, 2008). El estro que sigue a la GnRH es fértil y las vacas pueden recibir IA. La inyección de PGF no es necesaria en vacas que muestran calor antes de esta y que no han sido servidas. Sin embargo, no debe aplicarse la PGF a las vacas que hayan recibido IA después de la GnRH.

La ventaja de este protocolo en comparación con el Ovsynch y el Cosynch es el ahorro del costo de una inyección de GnRH y el trabajo requerido para manejar a los animales para esa inyección adicional. Sin embargo, la desventaja es que la ovulación no se sincroniza, y debe realizarse detección de estros antes de la IA. (Gutiérrez *et al.*, 2005).

4.9.5 Heatsynch

El protocolo Ovsynch es más eficaz cuando es iniciado entre el día 5 y 12 del ciclo estral. Por lo tanto los programas que involucran presincronización, tales como Presynch-Ovsynch y/o Presynch-Heatsynch, pueden resultar en mayor tasa de preñez en el primer servicio. Después del primer servicio, el aumento en la tasa de preñez depende de la mejora de sobrevivencia de los embriones y de la reinseminación rápida de las vacas que no preñaron o no consiguieron mantener la gestación. Entre los diversos métodos utilizados para identificar vacas no gestantes se incluyen la detección de celos, la verificación de las concentraciones de progesterona, los test bioquímico/inmunológicos, la ultrasonografía y el examen de palpación rectal (Palomares, 2009).

Una estrategia de control del momento de la ovulación es la aplicación de estradiol exógeno, que es capaz de inducir un pico de LH a través del estímulo de la secreción de GnRH por el hipotálamo, cuando es administrado en un ambiente con bajos niveles de progesterona en el final de diestro y proestro. El pico de LH inducido por el estradiol dura cerca de 10 hrs, lo que se asemeja al pico espontáneo y es más extenso que el inducido por la GnRH. El cipionato de estradiol (ECP) una forma esterificada de estradiol - 17 β comercializada para su uso en bovinos, ha sido usada como componente de los programas de IATF en vacas lecheras en lactación.

Con base en las tasas de preñez y de sincronización de la ovulación, el ECP puede ser utilizado en el lugar de la GnRH como una opción para inducir la ovulación en la IATF. Como las vacas lecheras en lactación presentan menores concentraciones plasmáticas de estradiol en el período preovulatorio y el estro es menos intenso, la elevación del nivel de estradiol después de la inyección de ECP compensa una deficiencia inducida por la lactación, y nuestra experiencia muestra que las vacas que expresan celo son más fértiles (Palomares, 2009).

4.9.6 Resynch (0)

En base al 35% como tasa de concepción que se tiene registrada en las ganaderías de los Estados Unidos, el 65% restante de las vacas que se encuentran vacías después de la primera inseminación, por lo que este protocolo permite con ayuda de un diagnóstico temprano de gestación (40 días) someter rápidamente a las vacas vacías a un segundo servicio de IA haciendo uso del protocolo Ovsynch (Rivera, 2008).

4.6.7 Resynch (7)

Con este programa se logra presentar todas las vacas vacias a un segundo servicio una semana antes en comparacion con Resynch 0. Es una estrategia de resincronizacion agresiva en el que la primera inyeccion de GnRH para la segunda sincronizacion se administra 42 dias post IA antes del diagnostico de gestacion. Aunque las vacas reciben GnRH en un estado de gestacion no planeado, no tiene efecto negativo en vacas preñadas, inmediatamente despues del diagnostico de gestacion las vacas vacias reciben PGF2 α y son inseminadas 2 o 3 dias despues del mismo. No se recomienda usar ecografia previa al dia 33 post servicio, ademas de la administracion de GnRH antes del dia 26 pues se reducen las posibilidades de éxito. Este programa puede arrojar resultados incoherentes porque no hay onda folicular sincronizada, por lo tanto la etapa de desarrollo folicular en inseminacion sistematica es desconocida(Rivera, 2008).

Roger O. *et al*, afirma que vacas sometidas a un programa de inseminacion a tiempo fijo (IATF) entre 60 y 90 dias postparto, obtuvieron una mejor tasa de preñez y hubo un mayor porcentaje de vacas preñadas tras la primer inseminacion.

Gutierrez A., J. C *et al*, demostraron que el protocolo Ovsynch+ IATF 24 h posterior ala ultima inyeccion de GnRH resulto en una mayor tasa de concepcion y acorto el intervalo tratamiento-preñez en vacas mestizas en anestro. Representa una alternativa para el control del anestro postparto y mejoramiento de la eficiencia reproductiva

5. MATERIALES Y METODOS

5.1. Localización, animales y manejo

El estudio se llevó a cabo de diciembre de 2013 a enero de 2014, en la Comarca Lagunera (25° 44' 36" Norte y 103° 10' 15" Oeste; 1,111 msnm). Esta región se caracteriza por presentar un clima cálido extremo; con temperaturas en verano que oscilan de los 23°C a 43°C en invierno de 2°C a 9°C, con una precipitación pluvial anual de 240 mm y una humedad relativa de 29% a 83% (20).

El estudio se desarrolló en un establo bajo condiciones comerciales con un inventario de 6,600 vacas Holstein en ordeña, el promedio de producción es de 35 litros llevándose a cabo tres ordeñas, la las 0600, 1400 y 2200 h), las cuales se manejan en forma intensiva en corrales abiertos, alimentadas tres veces al día con una ración totalmente mezclada de acuerdo a sus requerimientos nutricionales y sujetas a un manejo reproductivo de vacas frescas de cero a 10 días y que, con el fin de ayudar a la correcta involución uterina, reciben a los 25 días posparto una dosis de 25 mg de PGF2 α .

Las vacas fueron sincronizadas con esquema Ovsynch a 72 días postparto y Ovsynch a 62 días postparto, con pesos corporales de entre 600-750 kg, con un promedio de producción de 35 litros. Las vacas estaban alojadas en distintos corrales de producción en donde se alimentaban a las 5:00 a.m, después es puro recorrido de rellene todo el día, con una dieta mixta a base de paca de paja de avena, Jefe Dairy Fat, grano seco de destilería, pasta de soya, cascarilla de soya, maíz rolado, silo de alfalfa, silo de maíz respectivamente

Se seleccionaron vacas (n=301) vacas con un promedio diario de producción de leche de 63.5 \pm 8.0 L y refractarias al tratamiento de (n=150): 1) recibió el protocolo Ovsynch 72: 200 mg de PGF2 α (i.m día 1), 100 mg de GnRH(i.m día 7), 200 mg de PGF2 α (i.m día 9), 2) Ovsynch a 62: 200 mg de PGF2 α (i.m día 1), 100 mg de GnRH(i.m día 7), 200 mg de PGF2 α (i.m día 9).

5.2 Variables evaluadas

Se determinó el porcentaje de vacas que repitieron celo después de la IATF (11), diariamente a las 0700, 1200 y 1700 h; el promedio de días (media \pm eem) que las vacas manifestaron celo, el porcentaje de vacas con ciclos cortos (<16 días), ciclos normales (de 17 a 24 días).

Después de la IATF y la tasa preñez por diagnóstico de gestación a los 39 días posteriores a la IATF, mediante ultrasonografía transrectal en tiempo real con un transductor a 7.5 MHz (Emperor CO., LTD, Modelo, EMP-820 Vet).

5.3 Análisis estadísticos

Se calcularon los porcentajes de vacas que repitieron celo después de la IATF, vacas con ciclos cortos (<16d), normales (17-24d), vacas vacías, y la tasa de preñez y se compararon por medio de χ^2 . El promedio de días que las vacas manifestaron celo se comparó por medio de una t-Student. Todas las pruebas se realizaron con el paquete estadístico MYSTAT 12 (Evenston, ILL, USA 2000), con un nivel de significancia de $P < 0.05$.

6. RESULTADOS

En el Cuadro 1 se muestra la respuesta reproductiva de las vacas tratadas con Ovsynch72 (OV72) y Ovsynch62 más (OV62) inseminadas artificialmente a tiempo fijo. La tasa de preñez fue similar entre tratamientos, encontrándose el 13% (19/151) para el OV72 y del 17 % (16/151) OV62 ($P>0.05$). El porcentaje de vacas que retornaron al celo antes de los 25 días después de la IATF fue mayor ($P<0.05$) en las vacas del grupo OV72 (25 %, 32/151) que en las del grupo OV62 (21%, 26/125). En el mismo sentido, los días abiertos (media \pm emm) fue mayor ($P<0.05$) en el grupo OV72 (150.2 \pm 5.7) comparado con el grupo OV62 (108.8 \pm 4.6).

Cuadro1. Variables reproductivas en vacas sometidas al protocolo Ovsynch 72 (OV72; n=151) o Ovsynch 62 más (OV62; n=125), durante diciembre- enero en la Comarca Lagunera

Variables	OV72	% Acumulado	OV62	% Acumulado
Preñez (%)	13 ^a (19/151)		17 ^a (16/151)	
Vacas vacías (%)	87 ^a (132/151)		83 ^a (125/151)	
Días que repitieron celo:				
\leq 16 d	11 ^a (15/132)	11 ^c (15/132)	14 ^a (17/125)	21 ^d (17/125)
17-24 d	25 ^a (33/132)	36 ^a (48/132)	21 ^a (26/125)	34 ^a (43/125)
Promedio de días abiertos	150.2 \pm 5.7 ^a	150.2 \pm 5.7 ^a	108.8 \pm 4.6 ^b	108.8 \pm 4.6 ^b

^{a,b} Valores con diferentes superíndices, difieren ($P<0.05$)

^{c,d} Valores con diferentes superíndices, difieren ($P<0.06$)

7. DISCUSION

El porcentaje de preñez general fue del 15 %, el cual se encuentra muy por debajo al 33% reportado por Mellado *et al.* (21) para esta región. Los resultados en este estudio indican que los días abiertos y el intervalo entre partos disminuyen cuando los animales son sometidos al protocolo Ovsynch a los 62 días postparto mejorando en cuatro puntos porcentuales la tasa de concepción y reduciendo los días abiertos.

En nuestro estudio, ambos protocolos no mejoraron la tasa de gestación a la primera IA (13% vs 17%, OV72 y OV62 respectivamente). Esto concuerda con lo reportado por Forro *et al.* (22) y Flores-Domínguez *et al.* (23), quienes mencionan que el protocolo Ovsynch aun cuando se adiciona progesterona no mejora la concepción.

Es probable que la tasa de concepción fue similar entre nuestros grupos porque algunas de las vacas se encontraban ciclando al momento de someterlas al tratamiento, y debido a la presencia de progesterona natural, ya que se sabe que las vacas que están cíclicas responden mejor al tratamiento con Ovsynch que las anovulatorias.

Bo *et al.* (2009) y Cutaia, (2006), comparten un porcentaje de fertilidad del 30 al 40%; pero aclaran que las vacas no preñadas fueron inducidas nuevamente en un periodo de ciclicidad.

El porcentaje de vacas que retornaron al celo después de la IATF antes de los 25 días fue mayor en las vacas del OV72 (25%) que en las del OV62 (21%), probablemente porque el 36% de las vacas del OV72 que presentaron celo del día 17 al 24 respondieron al tratamiento, y al no quedar gestantes, presentaron un ciclo ovárico de duración normal.

Generalmente, menos del 45% de las vacas quedan preñadas a la primera IA postparto y un porcentaje significativamente menor de las vacas (<30%) quedan gestantes después de una IA re sincronizada (Cariviello *et al.*, 2008).

En un experimento hecho con vacas de la raza holstein en lactación que fueron tratadas con el programa Ovsynch, el 11% ovulo antes de la IATF, el 12% no respondió al tratamiento inyectado con PGF2 α y un 9% no ovularon después del segundo tratamiento con GnRH, lo que indica que la tasa de sincronización fue solo del 68%(Colazo *et al.*, 2009).

Los días abiertos fueron mayores en el Ov72 comparado con el Ov72, es probable que esto sea debido al periodo de espera voluntario ya que este es variable (Olivera *et al.*, 2010) consideran que los días abiertos que son los días transcurridos desde el parto hasta la siguiente preñez, es un parámetro que no debe exceder de los 100 días, por lo que se maneja el primero servicio a los 60 días postparto, y en nuestro estudio las vacas del Ov72 se inseminaron a los 72 días postparto.

Gutierrez-Añez *et al.*,2005, revelo que hay una efectividad en el protocolo Ovsynch cuando se insemina a tiempo fijo a las 16 horas posteriores a la ultima inyección de GnRH en cuanto a la tasa de preñez sobre el 45%, de forma general y como implicación practica, si se suman las vacas que se preñaron con estro prematuro mas las que fueron inseminadas a tiempo fijo en el grupo Ovsynch; encontramos que el 60% de las vacas que fueron tratadas hormonalmente resultaron preñadas, mientras que en las vacas del grupo no tratado hormonalmente(control) tan solo se logró preñar el 25% (Olivera *et al.*,2009) considera como días abiertos los días transcurridos desde el parto hasta la siguiente preñez. Este parámetro no debe exceder los 100 días, por lo que se maneja el primer servicio a los 60 días postparto.

8. CONCLUSIÓN

Los resultados del presente estudio indican que el protocolo Ovsynch aplicado a los 72 o 62 días al primer servicio no mejoran la tasa de concepción en vacas de la raza Holstein altas productoras, sin embargo el protocolo Ov62 reduce los días abiertos.

9. LITERATURA CITADA

- 1.- Alanuza, A. L., Galina, H. C., Maquivar, L. M., Romero, Z. J., Molina, E. I y Carvajal, A. P. Evaluacion de la fertilidad de hembras *Bos indicus*, de acuerdo a la intensidad del celo, manejadas en un programa de inseminacion artificial a tiempo fijo en condiciones de tropico
- 2.- Arechiga, F. 2000. Efectos adversos del estrés calorico en la reproduccion del ganado bovino. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autonoma de Mexico. p. 135-150.
- 3.- Arthur, G. H. 1991. Reproduccion y obstetricia en veterinaria. 6ª edicion. Ed. Interamericana McGraw-Hill, Mexico, D. F.
- 4.- Becaluba, F. 2006. Metodos de sincronizacion de celos en bovinos.
- 5.- Bo, G. A. 2002. Reporte Interno Syntex S. A. Facultad de Ciencias Veteriarias.
- 6.- Bo, G.A. y Baruselli, P. S. 2002. Programas de inseminacion artificial a tiempo fijo en el ganado bovino en regiones subtropicales. Memorias Curso Internacional de Ganaderia de doble proposito.
- 7.- Bo, G. A., Cutaia, L. E., Souza, A. H y Baruselli P. S. 2008. Actualizacion sobre protocolos de IATF en bovinos de leche. 3º Simposio Internacion de Reproduccion Animal Aplicada, Cordoba, Argentina. p. 96-97.
- 8.- Cajeca A., I. P. 2012. Evaluacion de los protocolos disponibles para sincronizacion de celo para IATF en vacas lecheras. Tesis. Escuela Politecnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias Pecuarias Riobamba, Ecuador.
- 9.- Callejas, S. 1995. Fisiologia del ciclo estral bovino. Jornadas de biotecnologia de la reproduccion en hembras de interes zootecnico. UNLZ y SYNTEX S. A. Lomas de Zamora
- 10.- Chabel, Y. M., Santos, J. E., Cerri, R.L., Galvao, K. N., Juchem, S. O y Thatcher, W. W. 2003. Effect of resynchronization with GnRH on day 21 after artificial insemination on pregnancy loss in lactating dairy cows. Theriogenology.
- 11.- Colazo, M. G., Mapletoft, R. J., Martinez, M. F y Kastelic J. P. 2007. El uso de tratamientos hormonales para sincronizar el celo y la ovulacion en vaquillonas. Ciencia Vet. Vol. 9. Argentina.
- 12.- Cordova S., A. B. 2011. Protocolos de sincronizacion y super ovulacion para transferencia de embriones en bovinos. Monografia de Licenciatura. Universidad de Cuenca. Ecuador.
- 13.- Cutaia, L. E., Veneranda, G., Tribulo, R., Baruselli, P. S y Bo G. A. 2003. Programas de inseminacion artificial a tiempo fijo en rodeos de cria: Factores que lo afectan y resultados productivos. 5º Simposio Internacional de Reproduccion Internacional de Reproduccion Animal. p. 119-132.
- 14.- Driancourt, M. A. 2000. Regulation of ovarian follicular dynamics in faro animals. Implications for manipulation of reproduction. Theriogenology. 55: 1211-1239.
- 15.- Echeverria, J. 2006. Endocrinologia reproductiva: Prostaglandina F2α en vacas.
- 16.- Fernandez T., A. 2003. Dinamica folicular: Funcionamiento y regulacion. Departamento de Reproduccion Animal. Facultad de Veterinaria, Montevideo.
- 17.-Figureo L., I. M. 2008. Estrategias recientes para la sincronizacion de estro en bovinos. Monografia de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Mexico.
- 18.- Galina, C. S y Arthur, G. H. 1990. Review on cattle reproduction in the tropics. Animal breed abst. Part. 4. 58: 697- 707.
- 19.- Galvao, K. N., Salfiho, M. F y Santos, E. 2007. Reducing the interval from presynchronization to initiation of timed artificial insemination improves fertility in dairy cows. J. Dairy Sci. 90: 4212-4218.

- 20.- Geary, T. W., Whittier, J. C., Halford, D. M and Macneli, M. D. 2001. Calf. Removal improves conception rates to the ovsynch and cosynch protocols. *J. Anim. Sci.* 79: 1-4.
- 21.- Giraldo, G. y Jairo, J. 2008. Sincronizacion y resincronizacion de celos y de ovulaciones en ganado de leche y carne. *Revista Lasallista de Investigacion*, vol. 5, 2: 90-99.
- 22.- Ginther, O. J., Kastelic, J. P y Knopf, L. 1989. Composition and characteristics of follicular waves during the bovine estrous cycle. *Anim. Reproduction. Sci.* 20: 187-200.
- 23.- Gonzales, C. 2001. Reproduccion bovina. Ed. Fundacion GIRARZ. Maracaibo, Venezuela, p. 437.
- 24.- Gutierrez A., J. C., Palomares N., R., Sandoval, M. J., De Ondiz, S. A., Portillo, M. G y Soto, B. E. 2005. Uso del protocolo ovsynch en el control del anestro postparto en vacas mestizas de doble proposito. *Rev. Cientifica. FCV-Luz.* Vol. Xv, No. 1.
- 25.-Hafez E., S. E. 1987. Reproduccion e inseminacion artificial. Sincronizacion del estro y ovulacion. 5ª ed. Editorial Interamericana, Mexico, D. F. p. 655.
- 26.- Hernandez, C. J y Zavala, J. 2007. Reproduccion bovina. FMVZ-UNAM, Mexico, D. F.
- 27.- Hoyos, O. R. 2004. Comparacion de cuatro protocolos de sincronizacion de celo en vacas Holstein (Ovsynch, CIDR-B, PGF2 α dosis reducida). Tesis de licenciatura. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.
- 28.- Kastelic, J.P., Bergfelt, P. R and Ginther, O. J. 1991. Ultrasonic detection of the conceptus and characterization of intrauterine fluid and days 10 to 22 in heifers. *Theriogenology*, 35: 569.
- 29.- Khalloub, P. D y Bartolome, J. A. 2008. Evaluacion de diferentes protocolos de presincronizacion en un rodeo lechero con servicio estacional. Vol. 10. 39:30-35.
- 30.- Lara I., R. Q. 2013. Evaluacion de tres protocolos de sincronizacion a tiempo fijo en vacas mestizas en la amazonia ecuatoriana. Tesis de licenciatura. Universidad Central del Ecuador, Quito Ecuador.
- 31.- Larriva G., E. F. 2013. Tasa de preñez en vacas Holstein de alta cruza inseminadas en el celo de retorno producido tras un protocolo de sincronizacion con prostagenos. Tesis de Licenciatura. Universidad de Cuenca, Ecuador.
- 32.- Lozano, R. y Gonzales, D. E. 2003. Efecto del estrés calorico sobre la reproduccion de vacas lecheras en sistemas intensivos de produccion en Mexico. 2º Simposio Nacional de Infertilidad en la Vaca Lechera y 3er Congreso Internacional de Medicos Veterinarios Zootecnistas Especialistas en Bovinos de La Comarca Lagunera. p. 25-42.
- 33.-Luna, N. P. 2001. Manual de Practicas de Reproduccion II. Departamento de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
- 34.- Moreira, F., De la Sota, R. L., Dias, T and Thatcher, W. W. 2000. Effect of day of the estrous cycle at the initiation of a timed artificial insemination protocol on reproductive responses in dairy heifers. *J. Anim. Sci.* 78: 1568-1576.
- 35.- Moyano T., J. C. 2013. Evaluacion del nivel de LH plasmatico en diferentes protocolos de sincronizacion del estro para inseminacion artificial a tiempo fijo en vacas lecheras Brown Swiss mestizas. Tesis de licenciatura. Esc. Superior Politecnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.
- 36.- Mujika, A. I. 2005. El estrés calorico efecto en las vacas lecheras. Area de asistencia tecnica en vacunos de leche. ITGG. p. 35-44.
- 37.- Neri, R. A. 2015. Efecto de la ECG en el protocolo ovsynch en 1er servicio de vacas Holstein sobre algunos parametros reproductivos y tasa de desecho. Tesis de Licenciatura. Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro, Torreon Coahuila, Mexico.

- 38.- Nuñez R., F. O. 2010. Efecto de la reutilización por segunda ocasión de un dispositivo intravaginal con ovsynch y heatsynch sobre el desempeño reproductivo en vacas Holstein abiertas. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreon, Coahuila, Mexico.
- 39.- Palomares G., S. R. 2009. Revisión de los protocolos empleados en la sincronización de celos en bovinos. Tesis de licenciatura. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. Bogota, Colombia.
- 40.- Paez, B., E. M. 2012. Módulo Reproducción Animal Avanzada. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, CEAD TUNJA.
- 41.- Patterson, D. J., Wood, S. L., Kojima, F. N and Simth, M. F. 2000. Current and emerging systems to synchronize estrous. 7mo Concurso Internacional de Reproducción Bovina. Mexico, D. F.
- 42.- Peters, R. A., Martínez, T. A and Cook, J. C. 1994. A meta-analysis of studies of the effect of GnRH 11-14 days after insemination on pregnancy rates in cattle. *Theriogenology* 44: 1317-1326.
- 43.- Pursley, J. R y Martins, J. P. 2011. Incrementando la fertilidad de vacas lecheras en lactancia. Vol. 6. p. 2
- 44.- Pursley, J. R., Mee, M. D and Wiltbank, M. C. 1995. Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF_{2α} and GnRH. *Theriogenology* 44: 915-923.
- 45.- Quijano, L. A., Artunduaga, R. J y Lopez, R. R. 2015. Evaluación de dos protocolos de inseminación artificial a término fijo (IATF) con dos inductores de ovulación (benzoato de estradiol y cipionato de estradiol) en vacas raza criollo caqueteño en el departamento del caquetá. *Red. Vet.* Vol. 16. N° 9.
- 46.- Rippe, C. A. 2009. El ciclo estral. Dairy Cattle Reproduction Conference. Minneapolis. p.111-116.
- 47.- Risco, C. A. 2009. Manejo estratégico durante el periodo de transición para optimizar la producción y el comportamiento reproductivo del ganado lechero. *Rev. De la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.* Vol. 56, Num. 111. Universidad Nacional de Colombia, Bogota, Colombia. p. 228-240.
- 48.- Rivas, G., J. I. 2015. Utilización de dos protocolos hormonales para la sincronización de la ovulación (Ovsynch- CIDR vs Ovsynch) y su efecto sobre la fertilidad de vacas lecheras holstein. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreon, Coahuila.
- 49.- Rivera, H. 2008. Programas de sincronización. *Reproductive Specialist.* Vol. 1.
- 50.- Rojas, R., C. A. 2012. Evaluación de cuatro protocolos de sincronización de celo con inseminación artificial a tiempo fijo en ganaderías lecheras del sector sur occidental de la Hoya de Loja. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de Loja. Ecuador.
- 51.- Rounsaville, T. R., Oltenacu, P. A., Milligan, R. A and Foote, R. H. 1979. Effects of heat detection, conception rate and culling policy on reproductive performance in dairy herds. *J. Dairy. Sci.* 62:1435-1442.
- 52.- Rusiñol, H. C. 2008. Comparación de tres métodos de sincronización de celos y ovulaciones con y sin inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en vaquillonas para carne. Tesis de maestría. Universidad de la República de Uruguay. Uruguay.
53. Sanchez, L. S. 1988. Análisis de las causas de desecho de bovinos adultos vivos en el complejo Agropecuario Industrial de Tizayuca, Hidalgo de 1981 a 1985. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de México. México, D. F.
- 54.- Short, R. E., Bellow, R. A., Staigmiller, R. B., Berardinelli, J. G and Custer, E. E. 1990. Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *J. Anim. Sci.* Vol. 68. p. 799- 816.
- 55.- SINTEX. 2005. Fisiología Reproductiva del Bovino. Argentina.

- 56.- Sorensen, A. M. 1982. Reproduccion Animal. Principios y Practicas. Ed. McGraw-Hill. p. 539.
- 57.- Stevenson, J. S. 2000. Sincronizacion de celos y de ovulaciones en ganado de carne y bovino de leche. V Congreso Argentino de Reproduccion Animal. CABIA.
- 58.- Vasconcelos J., L. M., Silcox, R. W., Rosa G., J. M., Pursley, J. R and Wiltbank, M .C. 1999. Synchronization rate, size of the ovulatory follicle and pregnancy rates after synchronization of ovulation beginning on different days of the estrous cycle in lactating dairy cows. *Theriogenology* 52: 1067-1078.
- 59.- Vasquez, E. S. 2009. Salud Reproductiva en ganaderia lechera de lactacion temprana y estrategias de manejo.
- 60.- Vishwanath, R. 2003. Artificial Insemination: the state of the art. *Theriogenology* 59:571-584.
- 61.- Wiltbank, M. C. 2001. Mejorando la eficiencia reproductiva en vacas de alta produccion. Depto. De Lecheria. Universidad de Wisconsin-Madison.
- 62.- Yanzaguayo R., C. A. 2013. Evaluacion de la tasa de preñez utilizando la inseminacion artificial a tiempo fijo a 0-10-20 horas post aplicar el protocolo de sincronizacion ovsynch. Tesis de licenciatura. Universidad Politecnica Salesiana. Cuenca, Ecuador.