

**Universidad Autónoma de Sinaloa  
Colegio de Ciencias Agropecuarias  
Facultad de Medicina y Veterinaria y Zootecnia  
Maestría en Ciencias Agropecuarias**



**TESIS**

**“COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE VACAS HOLSTEIN EN LACTACIÓN  
UTILIZANDO DIFERENTES PROTOCOLOS DE SINCRONIZACIÓN DE ESTRO EN  
TRÓPICO SECO”**

**Que para obtener el grado de Maestra en Ciencias  
Agropecuarias**

**PRESENTA:**

**Romo Barrón Cinthya Beatriz**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**Dr. Alfredo Estrada Angulo**

**CO-DIRECTORA DE TESIS:**

**Dra. Beatriz Isabel Castro Pérez**

**ASESORES:**

**Dr. Miguel Alberto Luque Agundes**

**Dr. German Contreras Pérez**

**Dr. Claudio Angulo Montoya**

**Culiacán Rosales, Sinaloa, enero del 2016**

**Universidad Autónoma de Sinaloa  
Colegio de Ciencias Agropecuarias  
Facultad de Medicina y Veterinaria y Zootecnia  
Maestría en Ciencias Agropecuarias**



**TESIS**

**“COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE VACAS HOLSTEIN EN LACTACIÓN  
UTILIZANDO DIFERENTES PROTOCOLOS DE SINCRONIZACIÓN DE ESTRO EN  
TRÓPICO SECO”**

**Que para obtener el grado de Maestra en Ciencias  
Agropecuarias**

**PRESENTA:**

**Romo Barrón Cinthya Beatriz**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**Dr. Alfredo Estrada Angulo**

**CO-DIRECTORA DE TESIS:**

**Dra. Beatriz Isabel Castro Pérez**

**ASESORES:**

**Dr. Miguel Alberto Luque Agundes**

**Dr. German Contreras Pérez**

**Dr. Claudio Angulo Montoya**

**Culiacán Rosales, Sinaloa, enero del 2016**

ESTA TESIS FUE REALIZADA POR **CINTHYA BEATRIZ ROMO BARRON** BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR QUE SE INDICA, Y HA SIDO APROBADA POR EL MISMO, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

CONSEJO PARTICULAR

DIRECTOR

\_\_\_\_\_  
DR. ALFREDO ESTRADA ANGULO

CO-DIRECTOR

\_\_\_\_\_  
DRA. BEATRIZ ISABEL CASTRO PEREZ

ASESOR

\_\_\_\_\_  
DR. MIGUEL ALBERTO LUQUE AGUNDES

ASESOR

\_\_\_\_\_  
DR. GERMAN CONTRERAS PEREZ

ASESOR

\_\_\_\_\_  
DR. CLAUDIO ANGULO MONTOYA

CULIACÁN ROSALES, SINALOA, MÉXICO, ENERO DEL 2016



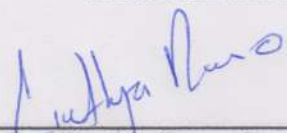
**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA**  
**COLEGIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA CULIACÁN  
FACULTAD DE AGRONOMÍA VALLE DEL FUERTE  
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR  
FACULTAD DE AGRONOMÍA VALLE DEL CARRIZO

En la Ciudad de Culiacán Rosales, Sinaloa, el día 20 de enero del año 2020, la que suscribe Cinthya Beatriz Romo Barrón, alumna del Programa de Maestría en Ciencias Agropecuarias, con número de cuenta 06018734, de la Unidad Académica Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la UAS, manifiesta que es autora intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Alfredo Estrada Angulo y la Dra. Beatriz Isabel Castro Pérez cede los derechos del trabajo titulado "Comportamiento reproductivo de vacas Holstein en lactación utilizando diferentes protocolos de sincronización de estro en trópico seco", a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Sinaloa, para su difusión, con fines académicos y de investigación por medios impresos y digitales, todo esto en apego al artículo 27 de la Ley Federal de Derechos de Autor.

La Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México) protege el contenido de la presente tesis. Los usuarios de la información contenida en ella deberán citar obligatoriamente la tesis como fuente, dónde la obtuvo y mencionar al autor intelectual. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ATENTAMENTE

  
Cinthya Beatriz Romo Barrón

DOMICILIO: Calle Maestranza # 4493, Fracc. La Conquista, Culiacan, Sin.  
TELÉFONO: 667-1996990  
CORREO ELECTRÓNICO: [cinthya.romo.fmvz@uas.edu.mx](mailto:cinthya.romo.fmvz@uas.edu.mx)  
CURP: ROBC881207MSLMRN06

## DEDICATORIA

Esta tesis la dedico con todo mi amor a mis padres Darío y Ofelia quienes han apoyado cada uno de mis pasos y con esfuerzo y trabajo diario hicieron posible que cumpliera mi sueño, ser profesionista.

A mi hermano Darío, un ejemplo de perseverancia que me motiva a seguir preparándome, a mi hermana Karla, la que me escucha y siempre tiene palabras de aliento para mí y mi hermano Luis siempre optimista quien ha traído una bendición a nuestra familia, Luis Darío.

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el financiamiento a mis estudios de maestría.

Al Colegio de Ciencias Agropecuarias por darme la oportunidad de realizar mis estudios de maestría.

Al Dr. Alfredo Estrada Angulo, por la dirección de esta tesis, valiosos comentarios y observaciones de la misma, por su confianza, apoyo y amistad.

Al M.C. Francisco Coronel Burgos, por permitirme realizar mi experimento de tesis en “Rancho Peñascos” el cual se encontraba a su cargo, por su apoyo, enseñanzas, confianza y amistad.

A mis asesores, en especial al Dr. Miguel Alberto Luque Agundes, por sus comentarios y sugerencias.

A mis maestros de maestría en especial al Dr. Jesús José Portillo Loera por su apoyo en el análisis de datos del experimento y su amistad.

Al Dr. Tomas Díaz Valdez por su apoyo para poder realizar mis estudios de maestría, por sus enseñanzas, y amistad.

A mis amigos y compañeros de la maestría, en especial a Elmer Benjamín Bonilla Valverde por su apoyo incondicional, cariño y amistad.

Al Instituto de Ciencia Animal ICA, Cuba por recibirme en estancia académica que realice durante mis estudios de maestría en especial al Dr. Orestes de la O León y su hermosa familia quienes me brindaron su apoyo y amistad.

## CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT .....	xi
Cinthy Beatriz Romo Barrón.....	xi
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. ANTECEDENTES.....	3
2.1. Aspectos Generales de Fisiología de la Reproducción en bovinos. ....	3
2.1.1. Ciclo estral.....	3
2.1.2. Fases del ciclo estral en ganado bovino.....	3
2.1.2.1 Proestro .....	3
2.1.2.2 Estro .....	3
2.1.2.3 Metaestro.....	4
2.1.2.4 Diestro.....	4
2.2 Componentes Principales de la Reproducción Bovina.....	4
2.2.1 Hipotálamo.....	5
2.2.2 Hipófisis o Pituitaria.....	5
2.2.3 Ovarios.....	6
2.2.4 Útero.....	7
2.3 Tasa de Preñez del ganado Lechero en Regiones con Temperaturas Elevadas .....	7
2.4 Implicaciones de las Altas Temperaturas sobre el Ganado Lechero .....	9
2.5 Influencia de las altas temperaturas ambientales sobre la reproducción del Ganado lechero.....	9
2.6 Influencia de la Nutrición sobre la Reproducción .....	11
2.7 Importancia de la condición corporal en la reproducción del ganado lechero. ....	15
2.8 Manejo Reproductivo del Ganado Lechero .....	16
2.9 Métodos utilizados para sincronizar el estro en bovinos .....	16
2.9.1 Prostaglandina F2 $\alpha$ .....	16
2.9.2 Progesterona.....	18

III. HIPÓTESIS.....	20
IV. OBJETIVO.....	21
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
VII. CONCLUSIÓN.....	32
VIII. LITERATURA CITADA.....	33



## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	TITULO	PÁGINA
1	Presencia de moco cervical al momento de la inseminación artificial en vacas Holstein en lactación bajo dos protocolos de sincronización de estro.....	26
2	Diagnóstico de gestación de vacas Holstein en lactación bajo dos métodos de sincronización de estros.....	27
3	Indicadores reproductivos de vacas Holstein en lactación bajo dos métodos de sincronización de estros.....	29

## INDICE DE FIGURAS

GRAFICA	TITULO	PÁGINA
1	Valores promedio de temperatura, humedad relativa e ITH registrados durante el periodo experimental 2013-2014.....	24
2	Valores promedio de temperatura, humedad relativa e ITH registrados durante el periodo experimental 2014-2015.....	25

## RESUMEN

### **Comportamiento reproductivo de vacas Holstein en lactación utilizando diferentes protocolos de sincronización de estro en trópico seco.**

**Cintha Beatriz Romo Barrón**

El presente estudio se llevó a cabo para determinar la eficiencia reproductiva de vacas Holstein en lactación bajo diferentes protocolos de sincronización del estro entrópico seco. La prueba comprendió dos periodos en dos años diferentes, 2014-2015, entre los meses de Diciembre a Mayo. Para ello, se utilizaron 118 vacas de la raza Holstein Fresian, con más de dos partos, y con condición corporal de 2.5 como mínimo. Las vacas fueron agrupadas por días abiertos, y se estableció un periodo de espera voluntario de 50 días. Además se alimentaron con una dieta integral (TMR) que aportó 17 % de PC y 1.6 Mcal/ de ENL. Los tratamientos consistieron: T1: celo natural (CN) sin aplicación de hormonas; T2: dos Inyecciones intramusculares (IM) de 500 mcg de prostaglandina (PG) con intervalo entre aplicación de 11 días, y T3: consistió en la inserción intravaginal por ocho días de un dispositivo a base de progesterona (PT) (CIDR 1.9 mg) + inyección IM de 2.0 mg de benzoato de estradiol (BE); al retiro de los dispositivos se aplicaron IM 0.5 mg de cipionato de estradiol (ECP) + 500 mcg de PG, La inseminación artificial (IA) en las vacas detectadas en estro en CN y PG fueron IA bajo la regla AM-PM, mientras que las vacas en PT fueron IA a tiempo fijo (IATF) 56 h después de retirado de los dispositivos. El tratamiento con PT disminuyó 58 % ( $P<0.05$ ) la presencia de moco. La tasa de preñez fue afectada ( $P<0.05$ ) por los tratamientos (81.4 vs 95.9 %) para PT y el resto de los tratamientos. El intervalo parto primer servicio (IPPS) fue mayor ( $P<0.05$ ) en PG y PT comparado con CN, 87.25 vs 73.99 %. En conclusión, la reproducción de las vacas Holstein mantenidas en condiciones de trópico seco, no es afectada mientras las labores reproductivas se desarrollen durante la época fresca del año.

Palabras claves: Vacas Holstein, Eficiencia, Trópico seco.

## **ABSTRACT**

### **Reproductive behaviour of lactating Holstein cows utilizing different synchronization protocols in the dry tropic.**

**Cinthy Beatriz Romo Barrón**

The present study was done to determine the reproductive efficiency of lactating Holstein cows that underwent different estrus synchronization protocols in the dry tropic. The study comprehended two evaluation periods during two years, 2014-2015, between the months of December through May. 118 Holstein cows second lactation onward and with a body condition score of 2.5 were used. Cows were grouped by days open and a voluntary waiting period of 50 days was established. Animals were fed a TMR with 17% CP and y 1.6 Mcal/ NEL. Treatments were: T1: natural estrus (CN) without any hormonal application; T2: two intramuscular injections (IM) 500 mcg of prostaglandin (PG) 11 days apart, and T3: that consisted in the insertion of a intravaginal device that released progesterone (PT) (CIDR 1.9 mg) + an IM injection of 2.0 mg estradiol benzoate (BE); at the moment that intravaginal devices are pulled 0.5 mg of estradiol cypionate (ECP) + 500 mcg of PG are injected IM. Cows detected in estrus in CN and PG group were inseminated following the AM-PM rule, while the cows in PT group were artificially inseminated at a fixed time (IAFT) 56 hrs after intravaginal devise was pulled. Treatment with PT reduced the presence of mucus 58% ( $P<0.05$ ). Pregnancy rate was affected ( $P<0.05$ ) by treatment (81.4 vs. 95.9 %) for PT and other treatments. The interval birth to first service (IPPS) was greater ( $P<0.05$ ) in PG and PT compared with CN, 87.25 vs. 73.99 %. In conclusion, the reproduction of lactating Holstein cows kept under dry tropical climate, is not affected when reproductive work is done during the cool season of the year.

Key words: Holstein cows, Efficiency, dry Tropic.

## I. INTRODUCCIÓN

La producción de leche en los ecosistemas tropicales ha sido un continuo desafío técnico por las difíciles condiciones medioambientales, sanitarias y la poca rusticidad de las razas especializadas (Motta-Delgado *et al.*, 2012). Según información proporcionada por la FAO-FEPALE (2012) la producción total de leche correspondiente a diferentes especies a nivel mundial para el año habría alcanzado los 614.4 millones de toneladas, lo que representa un aumento del 2.5% con respecto a la producción del año 2010. Así mismo, las grandes regiones que componen América Latina y el Caribe, para el año del 2011, registraron una producción de 68.0 millones de toneladas. En México la producción nacional de leche bovina en el 2010 fue de 10,677 millones de litros, mientras que para el año 2011, el SIAP-SAGARPA, proyectó que la producción experimentaría un pequeño incremento del 0.3 % respecto al año 2010; dicha proyección representa la cantidad de 10,838 millones de litros. En términos generales, durante el período 2003-2011 la producción nacional de leche de bovino ha tenido una tasa media de crecimiento de 1.3 % (Secretaría de economía, 2012).

Las condiciones de integración y tecnificación han sido relevantes en cuanto al desempeño de la producción lechera en México. Del volumen total producido, el 63% procede del sector ganado especializado, y el resto de ganado doble propósito; dentro del ganado especializado para producción de leche en México se encuentran las razas Holstein y Pardo Suizo Americano, principalmente, las cuales son explotadas bajo un sistema intensivo de manejo (SAGARPA, 2010). Sin embargo, el desempeño productivo y reproductivo no siempre alcanza los niveles esperados debido a las condiciones climatológicas imperantes en las regiones tropicales, sin dejar de lado el manejo y la nutrición a que es sometido el ganado bajo estas condiciones (Motta-Delgado *et al.*, 2012).

Las condiciones climáticas imperantes en los trópicos, afectan la zona de confort o termo neutralidad de la vaca lechera (5-25°C) lo que a su vez altera el consumo de

alimento (West, 2003), y las concentraciones hormonales de esta especie (Jordan, 2003); como resultado de lo anterior, la vaca lechera puede perder de 5 a 10% de su potencial productivo (Yabuta, 2001). De la misma forma, Ramírez y Segura, (1992), informaron que los indicadores reproductivos son alterados negativamente en el ganado de la raza Holstein explotado bajo las condiciones imperantes de las regiones tropicales. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue comparar el comportamiento reproductivo de vacas Holstein en lactación utilizando diferentes protocolos de sincronización del estro en trópico seco.

## II. ANTECEDENTES

### 2.1. Aspectos Generales de Fisiología de la Reproducción en bovinos.

2.1.1. Ciclo estral. Se define como el tiempo que hay entre dos periodos de estro, en promedio, en los bovinos tiene una duración de 21 días (Bearden y Fuquay, 1980). Puede dividirse en cuatro periodos según ciertas modificaciones visibles e invisibles que se producen durante el ciclo; las fases que lo componen son: proestro, estro, metaestro y diestro (Salisbury *et al.*, 1978). La duración del estro y momento de la ovulación varían entre los animales de una misma especie, así, tenemos que el estro en la vaca puede durar hasta 19 horas y la ovulación suele ocurrir entre las 10 y 11 horas después de que este finaliza (Hafez, 1987, Bearden y Fuquay, 1980).

2.1.2. Fases del ciclo estral en ganado bovino. Basado en los perfiles endocrinos y la presencia de estructuras cíclicas en los ovarios, tales como folículos y cuerpo lúteo, cambios vaginales y uterinos, y comportamiento estral evidente, el ciclo estral de vacas y vaquillas es convencionalmente dividido en cuatro fases, proestro, estro, metaestro y diestro.

2.1.2.1 Proestro. Dura de 3 a 4 días. En esta fase, aumenta de tamaño el útero, vagina y oviductos, además de los folículos. Los estrógenos absorbidos desde los folículos circulan en la sangre estimulando la creciente vascularización y el crecimiento celular de los genitales, como preparación del estro. (Webb *et al.*, 2002). Este periodo que precede al celo, las glándulas secretoras del útero presentan abundante actividad (Arthur *et al.*, 1991). En promedio el proestro se extiende desde el día 19 hasta el comienzo del celo (McDonald's, 2003).

2.1.2.2 Estro. Se considera como el día cero del ciclo estral. Su duración aproximada es de 18 horas en ganado *Bos taurus* (Allrich, 1993) y de 10 horas en *Bos indicus* (Lamothe *et al.*, 1991). El estro termina aproximadamente al ocurrir la ovulación, o sea la ruptura del folículo ovárico. Cuando el óvulo es expulsado del folículo hacia la parte superior del tubo uterino (Hafez, 1999). Durante el estro, también llamado calor, las hembras muestran la conducta de receptividad sexual. En esta fase, los ovarios

contienen uno y ocasionalmente dos folículos de Graaf que han madurado hasta tamaño preovulatorio. Durante el estro, el útero muestra una marcada turgencia y está edematoso. Concurrentemente, la mucosa vaginal está congestionada y las células mucosas de la vagina y cervix tienen alta actividad secretora (McDonald's, 2003), y el cervix se encuentra dilatado. La ovulación en la vaca ocurre 12 h después de finalizado el estro de manera espontánea (Arthur *et al.*, 1991).

2.1.2.3 Metaestro. Es la fase inmediata posterior al estro. Las células granulosas del folículo que ha ovulado se transforman en células lúteales a partir de las cuales se forma el cuerpo lúteo. En esta fase disminuyen las secreciones uterinas, cervicales y vaginales (Arthur *et al.*, 1991). La duración del metaestro puede depender del tiempo en que la hormona luteinizante es secretada por la hipófisis, aunque se ha estimado que tiene una duración promedio de 3 días (Hafez, 1999).

2.1.2.4 Diestro. Es el período del ciclo donde el cuerpo lúteo es totalmente funcional, inicia el día 5 y durante esta fase es detectable una gran concentración de progesterona en sangre, termina con la regresión del cuerpo lúteo el día 16 o 17 (Bearden y Fuquay, 1980; Arthur *et al.*, 1991). Aquí desaparece la hiperplasia e hipertrofia de las glándulas uterinas y el cuello uterino se contrae, además las secreciones del aparato genital son escasas y pegajosas (Arthur *et al.*, 1991). Durante el diestro el cuerpo lúteo continúa incrementando en masa y alcanza un tamaño maduro alrededor del día 7. En esta fase ocurren el desarrollo folicular y regresión en distintas ondas (McDonald's, 2003).

## **2.2 Componentes Principales de la Reproducción Bovina.**

Las hembras bovinas adultas son poliéstricas no estacionales, en ellas el estro ocurre aproximadamente a intervalos de 21 días, en el caso de las vacas, y 20 días para las vaquillas; aunque el ciclo estral en realidad puede darse desde los 17 hasta los 25 días (McDonald's, 2003). El ciclo estral bovino está regulado por una interacción hormonal



regida por el eje Hipotálamo-Hipófisis-ovario-útero (McDonald's, 2003; Callejas, 2005), concertado con las estructuras ováricas cíclicas y el útero (McDonald's, 2003).

2.2.1 Hipotálamo. Forma la base del cerebro o más bien el piso del tercer ventrículo y es en este sitio donde las hormonas liberadoras hipotalámicas entran al plexus primario del sistema portal hipofisario (McDonald's, 2003); sus neuronas producen la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH). Dentro del hipotálamo, ciertos núcleos liberan GnRH con un patrón pulsátil. La GnRH es un decapeptido sintetizado por las células peptidérgicas hipotalámicas de la eminencia media, cuya secreción se halla bajo un fuerte control. La secreción de GnRH es pulsátil, siendo dichos pulsos infrecuentes e irregulares y altamente controlados por la retroalimentación de las gonadotropinas. La GnRH, en la eminencia media, difunde a los capilares del sistema porta hipofisario y de aquí a las células de la adenohipófisis en donde su función es estimular la síntesis y secreción de las hormonas hipofisarias, FSH y LH (Callejas, 2005). La GnRH es el decapeptido hipotalámico que regula la secreción de LH y FSH a través de la modificación de su frecuencia de pulsos, no sólo consigue incrementar o disminuir los niveles de ambas gonadotropinas, sino que es capaz de controlar por separado la LH y la FSH. Para cuestiones clínicas, si se administra GnRH de forma pulsátil se mantienen los niveles de LH y FSH en una proporción similar a lo normal. Sin embargo, si se incrementa la frecuencia de pulsos o bien se administra de manera continua, ambas gonadotropinas disminuyen al cabo de varios días, dando lugar al fenómeno denominado de regulación negativa de receptores (down regulation) a nivel de las células gonadotropas hipofisarias, que las hace insensibles al estímulo de la GnRH (Tresguerres y Salazar, 2003).

2.2.2 Hipófisis o Pituitaria. Está formada por una parte anterior o adenohipófisis y una posterior o neurohipófisis; la adenohipófisis a su vez, se divide en tres regiones, la *pars distalis*, la *pars tuberalis* y la *pars intermedia*. La *pars distalis* de la pituitaria anterior es la parte más grande, integrada por cinco tipos de células dentro de las que se encuentran los gonadotropos, encargados de sintetizar las hormonas con acción gonadotrópica (McDonald's, 2003). La adenohipófisis produce varios tipos de hormonas, de las cuales la FSH y LH cumplen un papel relevante en el control

neuroendocrino del ciclo estral. La FSH es la responsable del proceso de esteroidogénesis ovárica, crecimiento y maduración folicular, y la LH interviene en el proceso de esteroidogénesis 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. El sistema tónico produce el nivel basal circulante, siempre presente, de hormonas hipofisarias las cuales promueven el desarrollo de los elementos germinales y endócrinos de las gónadas. El sistema cíclico opera más agudamente, siendo evidente por solo 12 a 24 horas en cada uno de los ciclos reproductivos de la hembra; y tiene por función primaria causar la ovulación. (Callejas, 2005).

2.2.3 Ovarios. Los ovarios son órganos pares que tienen dos funciones, producir gametos y desarrollar funciones endocrinas. Esta doble función es complementaria e interdependiente, y necesaria para una reproducción exitosa. Los ovarios en la vaca tienen una forma ovoide, a menos que se encuentre presente un folículo o un cuerpo lúteo, en este caso, los ovarios muestran una distorsión en su forma dependiendo del tamaño de la estructura (McDonald's, 2003). Son catalogados como glándulas exocrinas y endocrinas, la primera, por liberar los óvulos producidos en ellos y la segunda, es atribuida por la acción de secreta hormonas. Entre las hormonas que producen los ovarios podemos citar a los estrógenos, progesterona e inhibina. Los estrógenos, hormonas esteroideas, son producidos por el folículo ovárico y tienen acciones sobre los distintos órganos blanco como son las trompas de Falopio, el útero, la vagina, la vulva y el sistema nervioso central, en el cual estimulan la conducta de celo, además del hipotálamo, donde ejercen un "feed back" negativo sobre el centro tónico y positivo sobre el centro cíclico. La progesterona, hormona esteroidea, es producida por el cuerpo lúteo por acción de la LH. Los efectos de la progesterona se observan después que el tejido blanco ha estado expuesto durante cierto tiempo a la estimulación de los estrógenos. Esta hormona prepara el útero para el implante del embrión y para mantener la gestación. A nivel hipotalámico ejerce un efecto de retroalimentación negativo sobre el centro tónico. La inhibina por su parte, hormona proteica, es producida por el folículo ovárico (células granulosas) e interviene en el

mecanismo de regulación de la secreción de FSH. Ejerce un retroalimentación negativo a nivel hipofisario, produciendo una menor secreción de FSH (Callejas, 2005).

2.2.4 Útero. En animales domésticos, el útero consiste en dos cuernos y un cuerpo; el ligamento ancho que soporta al útero está sujeto a considerable tensión durante la preñez. En las hembras no preñadas el útero se encuentra en el área dorsal de la pelvis, en la vaca puede ser palpado a través de la pared rectal, y de esa forma lograr diagnosticar la preñez. Una vez que la hembra es preñada, el útero se alarga y expande para acomodar el concepto en crecimiento, y mantiene la capacidad de involucionar después del parto, incluso, acercándose mucho al tamaño y forma original. Se compone de tres distintas capas: la membrana serosa, el miometrio y el endometrio; es rico en suplementación de sangre, la cual varía de acuerdo al estado del ciclo estral (McDonald's, 2003).

Produce la prostaglandina F2a (PGF2a), la cual interviene en la regulación neuroendocrina del ciclo estral mediante su efecto luteolítico, entre otras funciones como la de intervenir en los mecanismos de ovulación y de parto (Hafez, 1999). Además secreta por medio de las glándulas uterinas la denominada leche uterina que sirve como medio de nutriente para el periodo de vida libre embrionaria ocurrida por varias semanas previo a la implantación (McDonald's, 2003).

### **2.3 Tasa de Preñez del ganado Lechero en Regiones con Temperaturas Elevadas.**

La producción de leche es un área de la ganadería que tiene gran importancia en la alimentación humana, ya que genera productos alimenticios de gran calidad biológica para la población mundial. Pero para que el ganado bovino productor de leche sea capaz de lograr un ciclo productivo anual, necesita antes, lograr una gestación y mantenerla por un lapso de nueve meses y llegar al parto. Esa tarea se ha vuelto bastante complicada en los últimos tiempos a consecuencia de la intensa selección genética dirigida principalmente a mejorar la producción de leche con poca consideración de los rasgos asociados con la reproducción, situación que ha propiciado en la moderna vaca lechera una relación antagónica entre la producción de

leche y el desempeño reproductivo (Chagas *et al.*, 2007). Además los ecosistemas tropicales someten a las razas especializadas a condiciones medioambientales adversas para su adecuado desempeño productivo (Motta-Delgado *et al.*, 2012). Independientemente de las causas que impiden el óptimo desempeño reproductivo en el ganado lechero, una meta con frecuencia utilizada como indicador de rentabilidad es el intervalo entre partos, el cual se ha establecido que debe de ser de 12 meses, según (Britt, 1975), o incluso de 13 a 13.5 meses por ható por año (Holman y *et al.*, 1984). No obstante, en las zonas tropicales la asociación entre temperatura ambiental elevada y humedad relativa alta provocan con frecuencia descenso en la fertilidad del ganado especializado. El descenso en la fertilidad ha sido relacionado con menor nivel de progesterona circulante (3.1 vs 3.5 ng/ml) 6 h antes del celo en vacas durante el verano (Rosenberg *et al.*, 1982), como consecuencia lógica de este fenómeno, la tasa de concepción se relacionó negativamente con la menor cantidad de progesterona plasmática 6 h antes de las manifestaciones de celo. Respecto a la tasa de concepción, algunos estudios indican que en el ganado especializado como el pardo suizo, Jersey y Holstein, esta se redujo de 52 a 32 % (20 %) cuando la temperatura máxima del aire aumentó de 23.9 a 32.2 °C durante el verano (Badinga *et al.*, 1985). Del mismo modo, un estudio realizado en Brasil reveló, que la tasa de concepción de vacas Holstein alojadas en echaderos libres se redujo de 71.2 % en el invierno a 45.7 % en el verano (Pires *et al.*, 2002).

En general, los estudios sobre la influencia de la hipertermia sobre la reproducción del ganado ligan la disminución de la concepción con la elevada temperatura registrada en recto y útero alrededor del momento de los cruzamientos (Gwazdauskas, 1985). Al respecto Ulberg y Burfening (1967), encontraron que la tasa de concepción se redujo de 61 a 45% cuando la temperatura rectal a las 12 h después del cruzamiento se incrementó en 1 °C. Similarmente, ganado expuesto a 32.2 °C durante 72 horas después de la inseminación, resultó con 0% de concepción y su temperatura rectal al momento de la evaluación fue de 40.0 °C, en comparación con 48% de tasa de concepción cuando la temperatura rectal fue 38.5 °C y la temperatura ambiente fue de 21.1 °C (Dunlap y Vincent, 1971).

## **2.4 Implicaciones de las Altas Temperaturas sobre el Ganado Lechero.**

Las pruebas y mediciones de producción de leche indican que los altos rendimientos lácteos están asociados fenotípicamente y genéticamente con reducido comportamiento reproductivo en las vacas en lactación. La función reproductiva en la vaca lechera se ve comprometida en primera instancia por la demora de la actividad ovárica y reducida tasa de concepción; así mismo los cambios hormonales participan en gran medida a la presencia de este problema, pues la selección genética encaminada a lograr alto rendimiento productivo ha provocado el aumento sanguíneo de somatotropina y prolactina, ambas funcionan como estimuladores de la lactación, además se ha observado disminuido el nivel de la insulina la cual puede ser importante para el normal desarrollo folicular. Estos cambios en la concentración hormonal promueven el rendimiento productivo pero pueden ser particularmente perjudiciales para la normal función reproductiva de la vaca lechera (Nebel y Mcgilliard, 1993), al respecto, los resultados de Bagnato y Oltenacu (1994), muestran 12 días de incremento en el intervalo parto primer servicio y 32 días más del parto a la concepción en vacas con mayor capacidad productiva. Dentro de los estudios que se han realizado sobre efectos de las altas temperaturas ambientales sobre la reproducción, Morton *et al.*, (2007) mencionan que la tasa de concepción se afecta por las altas temperaturas antes y después del servicio, dejando en claro que las condiciones ambientales adversas afectan en forma acumulativa sobre los animales.

## **2.5 Influencia de las altas temperaturas ambientales sobre la reproducción del Ganado lechero.**

Los bovinos por ser homeotermos tienen la capacidad de mantener relativamente constante su temperatura corporal a pesar de las fluctuaciones del medio ambiente. Esta capacidad es esencial para llevar a cabo un metabolismo normal (Shearer y Bray, 1995). La vaca lechera es particularmente susceptible a los efectos del calor, incluso pueden llegar a perder de 5 a 10% de su potencial productivo cuando son explotadas en regiones cálidas (Yabuta, 2001). Por lo tanto, las altas temperaturas

ambientales no solo son relacionadas con el descenso en la capacidad productiva, sino que también están implicadas en la disminución de la fertilidad de las razas especializadas bajo estas condiciones. Pues los rangos de temperatura establecidos como idóneos para el ganado lechero están lejos de los registrados en clima tropical. Para las vacas lecheras lactantes se estima que la temperatura no menor de  $-0,5$  y no mayor de  $20$  °C es considerada ideal (West, 2003); mientras que Berman *et al.*, (1985) indicaron que la temperatura del aire crítica superior para vacas lecheras es de  $25$  a  $26$  °C.

Dentro de los efectos directos de las altas temperaturas ambientales sobre el ganado se incluye un aumento de incidencia de fallos en la detección de estros debido a la reducción en la duración y la intensidad de los celos (Wolfenson *et al.*, 1988), así como la reducción de la actividad motora y otros signos de estro (Hansen y Arechiga, 1999). Las fallas también incluyen alteraciones del entorno endocrino y los patrones de desarrollo folicular (Shehab-EI-Deen *et al.*, 2010), los cuales reducen la competencia del ovocito para desarrollarse hasta el estadio de blastocisto (Ferreira *et al.*, 2011), afectándose también la persistencia del folículo dominante, con la consecuente reducción de la calidad de los ovocitos generados (Roth, 2008).

Según Cardozo y Góngora (1999), las condiciones adversas afectan el comportamiento sexual de los bovinos, al perjudicar la foliculogénesis en general, la ovulación, la función lútea y la implantación embrionaria; todo esto se traduce en disminución de la tasa de natalidad. Por su parte Drost *et al.*, (1987), informaron que además de verse afectada la duración y expresión del estro, la sobrevivencia embrionaria, existe un marcado retraso en el crecimiento fetal en vacas sometidas a alta temperatura del ambiente. Esto se explica según los autores, como una consecuencia de la disminución en el flujo sanguíneo uterino, y a desbalances en la relación hormonal del ganado estresado. Como ya se ha mencionado, el estrés por calor provoca efectos adversos en dos aspectos de gran importancia económica, la producción de leche y la reproducción. Así lo señala Hansen (2007), y además mencionó, que el estrés por calor es un problema en aumento en el ganado productor de leche; ya que la vaca lechera actual es capaz de producir mayor cantidad de leche

por día, provocando la generación de mayor cantidad de calor metabólico, lo cual empeora su desempeño.

## **2.6 Influencia de la Nutrición sobre la Reproducción.**

En los bovinos, los nutrientes son divididos por prioridades; primero la del mantenimiento de la propia vida, y en segundo la de preservación de la especie. El orden aproximado de tal división es la siguiente: metabolismo basal, actividad, crecimiento, reservas básicas de energía, preñez, lactación, reservas adicionales de energía, ciclos estrales e iniciación de la preñez y exceso de reservas (Short y Adams, 1988).

La nutrición incide en la fertilidad directamente por la suplementación de nutrientes específicos requeridos para el proceso de desarrollo ovocitario, ovulación, fertilización, sobrevivencia embrionaria y el establecimiento de la preñez; del mismo modo, ejerce influencia sobre las concentraciones circulantes de hormonas y otros metabolitos que son requeridos para el éxito reproductivo (Robinson *et al.*, 2006). Elementos tales como la energía pueden afectar el comportamiento reproductivo y la diferencia en el suministro conduce a cambios en el desarrollo folicular en las vacas (Azizah *et al.*, 2013). La proteína por otra parte puede afectar la reproducción a través de los efectos tóxicos del amoníaco y sus metabolitos sobre los gametos y embriones en estadio temprano (Ferguson *et al.*, 1989).

La energía por su parte, es el nutriente más comúnmente limitante en reproducción. Un déficit energético causa serios problemas reproductivos al ganado especialmente a la vaca productora de leche dentro de los primeros 120 días de lactación; es en este momento cuando una vaca lechera en condiciones normales producirá aproximadamente la mitad de la leche correspondiente a un ciclo de lactación completo, sin embargo, el consumo máximo de materia seca (CMS) se demora aproximadamente 28 días en relación al pico de producción de leche, que se alcanza alrededor de los 42 días de avanzada la lactación (Amaral-phillips *et al.*, 1997), La asincrónica de estos factores pueden conducir a la vaca lechera hacia el desorden metabólico conocido como balance energético negativo (BEN); ahora bien, no todo el

proceso de pérdida de peso corporal en la vaca se debe considerar BEN, el ganado lechero sufre un proceso normal de partición de nutrientes y movilización de tejido adiposo durante la lactación temprana (Bauman and Currie, 1980); por lo tanto el BEN ocurre cuando los requerimientos de nutrientes para mantenimiento y lactación exceden la habilidad de la vaca para consumir energía y la condición corporal se ve deteriorada (Lucy, 2001).

Al menos el 80 % de las vacas lecheras al principio de la lactación se enfrentan con este desorden metabólico (Reid *et al.*, 1966), de manera que para suplir las demandas metabólicas de nutrientes necesarios para soportar la producción la vaca movilizar tejido graso y proteínas almacenados como reservas corporales (Bauman y Currie, 1980); este proceso genera consecuencias en el ámbito reproductivo, pues existe una gran relación entre la movilización de lípidos corporales y el periodo de tiempo a la primera ovulación, a mayor movilización de reservas corporales mayor lapso de tiempo transcurre para que se dé la primera ovulación postparto, de este modo, esta adaptación metabólica realizada por la vaca provoca una reducción directa sobre la fertilidad (Butler y Smith, 1989), ya que la primera ovulación postparto refleja el resurgimiento de la ciclicidad y pone fin a los estadios preovulatorios del desarrollo folicular ovárico, dándose por entendido que la recuperación de la condición hormonal después de la última preñez se ha completado.

La subnutrición inhibe el comportamiento de estro al reducir la receptividad del sistema nervioso central hacia el estradiol, esto sucede por la reducción de los receptores alfa para estrógenos contenidos en el cerebro (Santos, 2010), así mismo el déficit energético según Villa-godoy *et al.*, (1990), demora el comienzo del diestro, con lo que se reduce la precisión del momento a la inseminación artificial con relación a la ovulación. Indudablemente, la baja disponibilidad de energía no solo disminuye los pulsos de LH, sino que también disminuye la receptividad ovárica a la estimulación de esta hormona (Butler, 2000). Así mismo, tanto la glucosa como la insulina plasmáticas disminuyen su nivel plasmático en ganado con déficit de energía (Beam and Butler, 1999), Y la insulina tanto en pruebas *in vitro* (Spicer *et al.*, 1993), como *in vivo* (Simpson *et al.*, 1994), ha estimulado el crecimiento de las células foliculares bovinas,



por lo que no contar con ella en cantidades suficientes, hace suponer que existiría retraso en el crecimiento de los folículos ováricos.

Otra molécula ligada al proceso reproductivo que es afectada por el estatus energético es el factor de crecimiento similar a la insulina tipo 1 (IGF-I) (Beam y Butler, 1999), se sabe que es crítico para el desarrollo folicular. Para ilustrar bien lo anterior (Beam y Butler (1997) informaron que su presencia en plasma en cantidades fisiológicamente adecuadas en las primeras dos semanas postparto ocasiona un 40 o 50 % de ovulación en el ganado. Como consecuencia el IGF-I es un buen predictor (Francisco *et al.*, 2003), del intervalo de tiempo que transcurre desde el parto a la primera ovulación, mientras que la glucosa y la insulina están implicadas significativamente en los días que se suceden hasta la segunda ovulación postparto.

El incremento en el potencial genético para producción de leche ha sido asociado con el declive en la fertilidad de las vacas lecheras en lactación (Butler y Smith, 1989), No obstante, para sostener el alto nivel productivo actual es común alimentar con niveles altos de proteína en la dieta (Grings *et al.*, 1991), sin embargo, desafortunadamente esta práctica se ha asociado con disminución de la fertilidad (Candfield *et al.*, 1990); alimentar con niveles altos de proteína en la ración incrementa la urea sanguínea. En consecuencia, se altera el pH del fluido uterino, fenómeno que se ha asociado con reducción de la tasa de preñez, es importante mencionar que la alteración de la composición iónica del fluido uterino ocurre solo durante la fase lútea, y que esta no sucede durante la fase folicular (Jordan *et al.*, 1983).

La ingesta alta de proteína dietaría puede dar como resultado elevadas concentraciones de amoniaco, urea o ambos dependiendo de la fracción proteica presente en el rumen y la disponibilidad de carbohidratos fermentables. Así la concentración plasmática alta de urea es inversamente correlacionada con el pH uterino y puede interferir con la actividad inductiva normal de la progesterona sobre el microambiente del útero, también se sabe que la ingesta alta de proteína incrementa la secreción de prostaglandina F<sub>2α</sub>, por lo tanto, estos factores causan condiciones subóptimas del medio ambiente uterino para soportar el desarrollo del embrión (Butler, 2000).

Para medir el metabolismo proteico en el rumen comúnmente se cuantifican el nitrógeno ureico en plasma (NUP) y el nitrógeno ureico en leche (NUL), estos son indicadores del estatus del nitrógeno en la vaca (Roseler *et al.*, 1993); cuando alguno de estos excede la concentración de 20 mg/dl se ha asociado con bajo desempeño reproductivo del ganado (Ferguson *et al.*, 1993). La elevación de este metabolito a 25 mg/dl daña la tasa de concepción en 41.22 % al primer servicio (McCormick *et al.*, 1999). De igual forma Butler *et al.*, (1996), registraron 20 % menos en la tasa de preñes de vacas Holstein que tenían más de 19 mg/dl de NUP y NUL.

La suplementación con grasa aparentemente mejora la reproducción posparto (De Fries *et al.*, 1998), no solo por incrementar el estado de energía del animal, sino también por propiciar cambios en la concentración de metabolitos y de hormonas metabólicas en la sangre, esto, sin considerar el consumo de energía proveniente de la dieta. La evidencias científica sugieren que el consumo de grasas, particularmente los aceites vegetales polinsaturados, pueden afectar positivamente el crecimiento del folículo ovárico, la función lútea y el comportamiento reproductivo posparto (Staples *et al.*, 1998). Grummer y Carrol (1988), analizaron el posible rol de los lípidos en la función ovárica y determinaron que existía un efecto positivo a la suplementación con grasas sobre los niveles de lipoproteínas circulantes. Las lipoproteínas de alta densidad sirven como fuente de colesterol, y este sirve como precursor para la síntesis de hormonas esteroideas de importancia reproductiva. De hecho, se ha observado que la síntesis de progesterona se incrementó cuando se incubaron células granulosas en lipoproteínas altas en colesterol.

La inclusión de algunas fuentes de grasa en la ración en 2 o 3% de MS de la dieta dentro de los primeros 30 días postparto se ha traducido en importantes mejoras en las tasas de concepción y la preñez (Staples *et al.*, 1998). También hay evidencia de una menor desaparición de progesterona circulante (Hawkins *et al.*, 1995), mayor tamaño folicular, aumento en el número de folículos de tamaño medio y pequeño (6-9mm) y (3-5mm) respectivamente. Del mismo modo, las grasas inertes en rumen ocasionan recambio folicular ovárico en el ganado, incrementando los folículos de 3-5 mm y los mayores de 15 mm (Staples *et al.*, 1998). Contrario a estos resultados, Ponter *et al.*, (2006), reportaron que la progesterona plasmática no fue modificada por los

ácidos grasos del tipo omega 3 suplementados a partir de semilla de lino, sin embargo, observaron incremento en el número de los folículos pequeños menores de 5 mm.

## **2.7 Importancia de la condición corporal en la reproducción del ganado lechero.**

Las reservas corporales de una vaca, medida como % de grasa en el cuerpo, es uno de los mejores indicadores del estado nutricional, y por lo tanto un importante determinante del desempeño reproductivo, sin embargo, la relación entre el balance energético medido indirectamente por la condición corporal y el comportamiento reproductivo del hato no han sido completamente demostrado (Ruegg, 1991). La calificación de la condición corporal es ampliamente usada en muchas especies como medida de composición de la masa corporal y el estatus del balance energético de los animales. La condición corporal indica una gran parte de la variación en la reserva corporal entre los animales de una misma raza (Enevoldsen y Kristensen, 1997). El cambio en la condición corporal es acentuado al inicio de la lactación después del parto, la selección genética para mayor producción ocasiona gran movilización de reservas corporales durante este período (Veerkamp *et al.*, 2001). El efecto detrimental del balance energético negativo (BEN) al principio de la lactación parecen manifestarse en reducción de la fertilidad durante el período de cruzamiento; a medida que se acentúa el déficit energético la tasa de concepción empeora; además las vacas que pierden una unidad de condición corporal, en la escala de 1 a 5, están en mayor riesgo de baja fertilidad, con tasas de gestación de 17 a 38 % (Butler, 2000).

Sin embargo, cuando el balance energético es positivo y se registra mayor ganancia de peso, con mejora en la condición corporal, se ha demostrado una correlación positiva con las concentraciones de progesterona en plasma durante la lactación temprana (Macmillan *et al.*, 1996), encontrándose valores iguales o mayores a 1 ng/ml de progesterona plasmática como indicador de ciclicidad en la vaca lechera (Beal *et al.*, 1984). Hay que recordar que los ciclos estrales se pueden mantener si la calificación de tal condición es de 4 puntos o mayor en escala de 1 a 9 (Short y Adams, 1988), y que una condición corporal con mayor calificación al parto incrementa el índice de estro y preñez para los 40 y 60 días dentro de una temporada de empadre (Spitzer

*et al.*, 1995). Por otro lado, aparentemente el balance energético negativo es la más importante limitante para desarrollar el patrón pulsátil de LH requerido para la primera ovulación (Buttler y Elrod, 1991).

## **2.8 Manejo Reproductivo del Ganado Lechero.**

El desarrollo reproductivo de los hatos lecheros es ampliamente reconocido como el principal factor contribuyente en la rentabilidad general de la empresa lechera (Britt, 1985), este incide de manera directa sobre el volumen total de leche que se produce y es vendido, además impacta en la cantidad de vacas desechadas anualmente por fallo reproductivo y determina la cantidad de remplazos generados dentro de la explotación. Todos los factores antes mencionados son afectados por el desempeño reproductivo de las vacas lecheras en lactación (Britt, 1985; De Vries, 2004).

El adecuado conocimiento de la fisiología reproductiva de las vacas lecheras durante el periodo de lactación ha conducido al desarrollo de numerosos avances en la estrategia de manejo y en la generación de tecnología que ayudan a mejorar la eficiencia reproductiva general del hato lechero (Giordano *et al.*, 2011), al respecto, el desarrollo hormonal con fines de sincronización de estros en los bovinos es una área de gran desarrollo (Folman *et al.*, 1984), además, ahora mismo es posible programar la inseminación artificial para un momento específico sin la necesidad de detectar celos (Moreira *et al.*, 2001); ambas tecnologías son muy utilizadas en los modernos hatos lecheros actuales, con el objetivo de mejorar la eficiencia reproductiva y la fertilidad (Caravielo *et al.*, 2006).

## **2.9 Métodos utilizados para sincronizar el estro en bovinos.**

2.9.1 Prostaglandina F<sub>2α</sub>. Esta hormona (PGF<sub>2α</sub>) se sintetiza a partir de su precursor el ácido araquidónico, el cual, es un ácido graso insaturado de 20 carbonos; esta hormona es secretada por casi todos los tejidos corporales, y a nivel uterino provoca

contracciones que facilitan el transporte espermático a través del tracto reproductivo de la hembra bovina, así mismo, es responsable de la regresión experimentada por el cuerpo lúteo presente en los ovarios. Este evento marca el final del diestro y da inicio al proestro (Hafez y Hafez, 2000).

La administración de prostaglandina es el método más comúnmente utilizado para la sincronización de celos para desarrollar la inseminación artificial. Sin embargo, la detección de celo es necesaria cuando se utiliza esta hormona, actividad que requiere mucho tiempo y mano de obra, y suele caracterizarse por ser ineficiente e imprecisa (Colazo *et al.*, 2007). Como ya se ha mencionado la prostaglandina F2 $\alpha$  es una hormona natural, producida por el endometrio uterino de las vacas, la cual causa la regresión normal del cuerpo lúteo. La inyección parenteral de esta hormona simula o imita por lo tanto el proceso normal de luteólisis (Lauremdale, 1972; Roche, 1974), mecanismo que motivo a Tervit *et al.*, (1973) a sostener que las prostaglandinas administradas intramuscularmente son una molécula deseable para sincronizar los celos en el ganado bovino. Ya sea por la administración de una prostaglandina natural o uno de sus análogos, en un 50 % de los casos cuando se trata de vaquillas. La actividad manifiesta de celo ocurre dentro de las 48 a 72 h posteriores al tratamiento.

A pesar de que la prostaglandina F2 $\alpha$  es el tratamiento más utilizado para la sincronización de celo en bovinos tiene algunas limitaciones importantes, la consideración principal a tomar en cuenta cuando se utilizan prostaglandinas para sincronizar el estro, es la necesidad de ciclicidad en los animales tratados, y que estos se encuentren en un estadio apropiado de su ciclo estral, ya que la PGF2 $\alpha$  no es efectiva para la inducción de la luteólisis hasta unos 5 ó 6 días después del celo, por el contrario, si el tratamiento se administra cuando el ciclo estral está avanzado puede que la luteólisis ya haya comenzado por la acción de la prostaglandina endógena. En términos generales cuando se induce la regresión del cuerpo lúteo con un tratamiento a base de prostaglandina el comienzo del estro se distribuye dentro de un periodo estimado de 6 días (Colazo *et al.*, 2007).

Kristula *et al.*, (1992), mejoraron 30 % la tasa de preñes en vacas lecheras lactando, bajo el esquema de dosis semanales de prostaglandinas; además lograron acortar los días al primer servicio. Otro estudio realizado por Pankowski *et al.*, (1995),

muestra 11 % de aumento en la tasa de preñes en las vacas que recibieron prostaglandina como método de sincronización del celo, comparado con aquellas vacas que previo a la aplicación también de PGF2 $\alpha$  fueron palpadas por vía rectal para diagnosticar la presencia de un cuerpo lúteo; quedando de manifiesto primero la utilidad de esta hormona respecto a la inducción de celos y luego comprobándose que el diagnóstico por palpación no es del todo efectivo para detectar los cuerpos lúteos activos. Aunque el número total de vacas gestantes al final de la prueba fue el mismo, el periodo abierto fue disminuido en 6 días en promedio.

En general, la administración esquemática de PGF2 $\alpha$  mejora la sincronización del estro, disminuye los días abiertos promedio del hato por disminuir de igual forma los días al primer servicio, aunque la tasa de concepción no se mejorada. El beneficio observado cuando se usa esta hormona en programas de sincronización de estros, se debe a la concentración de las vacas con manifestación evidente con signos de celo en un periodo corto de tiempo que comprende en la mayoría de las veces 5 días (Kristula *et al.*, 1992; Pankowski *et al.*, 1995).

2.9.2 Progesterona. La progesterona por su parte, altera la función ovárica al suprimir el estro y evitar la ovulación, en realidad bajo la influencia de la progesterona lo que sucede a nivel endocrino es la reducción en la frecuencia de los pulsos de LH, que a su vez suprime el crecimiento del folículo dominante, según la dosis (Savio *et al.*, 1993). Es importante mencionar que la progesterona no suprime la secreción de FSH (Bleach *et al.*, 2004), por lo tanto, las ondas foliculares siguen emergiendo aun con la presencia de un CL funcional.

En los tratamientos actuales se utilizan dispositivos intravaginales impregnados de progesterona de liberación controlada, asociado a la administración de estrógenos al inicio del tratamiento, esto último con la finalidad de sincronizar la emergencia de la nueva onda folicular y evitar el desarrollo de folículos persistentes, el protocolo también incluye el uso de PGF2 $\alpha$ , administrada al momento de la remoción del dispositivo ocurrida a los 7 días después de la inserción (Mapletoft *et al.*, 2003), con lo cual se asegura la luteólisis. En programas de sincronización de celos, una dosis generalmente de 1 mg de estradiol se administra 24 horas después de la remoción de

la progesterona para sincronizar el pico de LH, que aproximadamente ocurre 16 a 18 horas después del tratamiento; de la misma forma la ovulación sucede regularmente 24 a 32 horas después del pico de LH, posteriormente la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) suele realizarse unas 30 a 34 horas después del segundo tratamiento con estradiol (Colazo *et al.*, 2007).

El uso de programas que sincronizan la ovulación y fijan la inseminación artificial (IATF) para un tiempo definido han dado resultados aceptables en la tasa de concepción (Moreira *et al.*, 2001). Estos programas son especialmente útiles ya que son capaces de inducir ciclicidad en vacas y vaquillas en anestro (Rhodes *et al.*, 2003), padecimiento que se registra en proporción de 20 a 40 % en los hatos lecheros actuales (Moreira *et al.*, 2001).

Las tasas de preñez sobre un periodo de 5 años con una sola IATF ha variado de 55 a 77 % en vaquillas y un poco menos en vacas, aproximadamente 62 % y una tasa de manifestación de estros del 92 % (Mapletoft *et al.*, 2003), aunque dentro del mismo protocolo se producen diferencia en la respuesta dependiendo del tipo de estrógeno utilizado; los resultados en la tasa de gestación con el uso del benzoato de estradiol han sido variables y oscilan entre el 45 y 47.5% mientras que con el uso del cipionato de estradiol la tasa de gestación reportada es de alrededor del 56% (Peralta-Torres *et al.*, 2010).

### **III. HIPÓTESIS**

El uso de protocolos de sincronización de estro mejorará el comportamiento reproductivo de las vacas Holstein en el trópico seco de México.



#### **IV. OBJETIVO**

Determinar el efecto en la eficiencia reproductiva de vacas Holstein en lactación mediante la aplicación de dos protocolos de sincronización del estro en trópico seco.

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

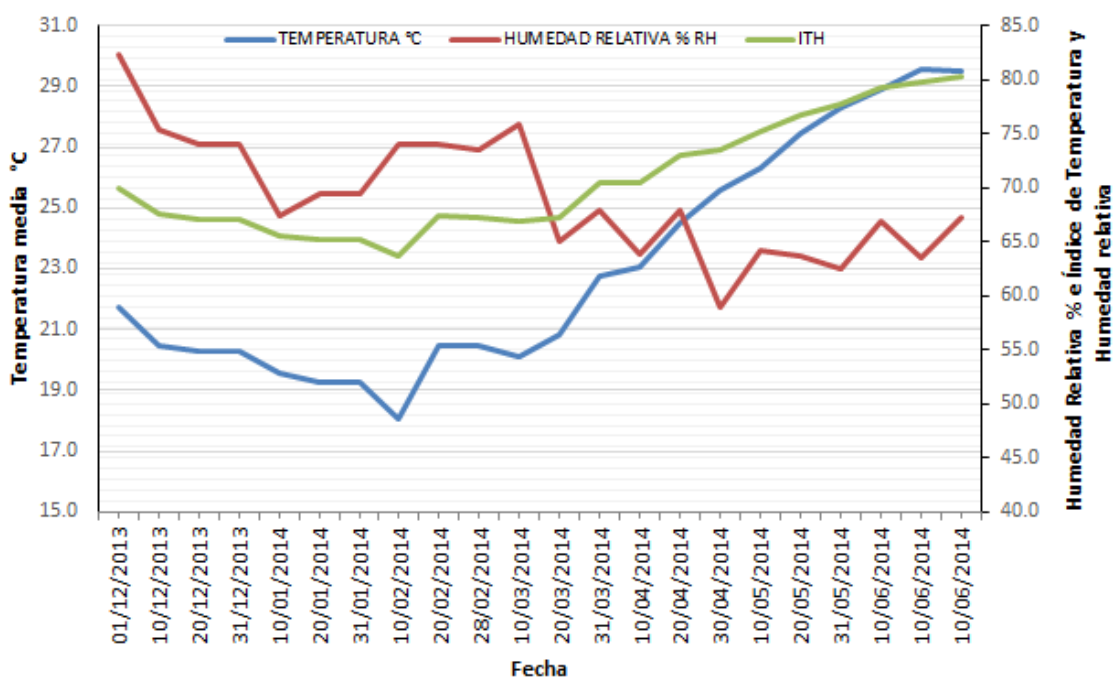
El presente trabajo se llevó a cabo en un hato de ganado lechero ubicado en el municipio de Culiacán, Sinaloa, México, el cual se encuentra 24° 0' 30" latitud norte y 107° 08' 0" longitud oeste con una elevación de 104 m.s.n.m. Para la investigación se utilizaron 60 vacas multíparas por un periodo de 120 días, iniciando a los 60 días postparto. Las vacas fueron seleccionadas por condición corporal (CC), la cual al inicio de la prueba se encontraba entre 2.5 a 3.0. Los animales fueron vacunados al momento del secado contra pasteurelisis neumónica, clostridiasis, diarrea viral bovina, parainfluenza 3, rinotraqueitis infecciosa bovina, virus sincitial respiratorio. La alimentación consistió de una ración totalmente mezclada (TMR) consistente en ensilado de sudan más concentrado. El concentrado aportó 17% PC y 1.6 Mcal/kg de ENL; la TMR se proporcionó cinco veces al día para evitar la posible fermentación de los ingrediente húmedos por el calor y evitar el posible rechazo del alimento por parte de las vacas. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 20 réplicas por tratamiento; cada vaca se consideró una unidad experimental. Los tratamientos fueron: T1: celo natural (CN) sin aplicación de alguna hormona; T2: aplicación de dos inyecciones intramusculares(IM) de prostaglandina (PG) 500 microgramos (mcg) con intervalo entre aplicación de 11 días, y T3: que consistió en la inserción (día 0) de un dispositivo a base de progesterona (PT) (CIDR 1.9 mg) + inyección IM de 2.0 mg de benzoato de estradiol (BE) en el día cero; el dispositivo permanece alojado en la vagina de las vacas por ocho días; al día ocho el dispositivo (CIDR) se retiró y se aplicó intramuscularmente 0.5 mg de cipionato de estradiol (ECP) + 500 mcg de PG. La detección de celos se realizó solo en T1 y T2, mediante observación visual en tres ocasiones del día, durante periodos de una hora de observación, iniciando a las 8:00 am, luego a las 4:00 pm y por último a las 12:00 pm, además se utilizó el marcado de la grupa con crayón como método auxiliar en la precisión de la detección de estros. Las vacas detectadas en celo en los tratamientos T1 y T2 se inseminaron artificialmente (IA) bajo la regla am-pm, mientras que en las vacas del tratamiento T3 la IA se realizó a una hora previamente establecida (tiempo fijo, IATF) 56 horas después de retirado el dispositivo vaginal. El diagnóstico de gestación se realizó mediante palpación rectal 45 días después de la IA en todos los tratamientos. La

temperatura y la humedad relativa (HR) se registraron diariamente para obtener el índice temperatura humedad (ITH), para evaluar la zona de confort de las vacas, y la influencia de este sobre la tasa de preñez. El cual en este caso se obtuvo dividiendo la cantidad de vacas preñadas por tratamiento entre el total de las vacas de cada tratamiento. El análisis estadístico se realizó con el paquete estadístico SAS, se analizaron los supuestos para el diseño establecido, al comprobarse la normalidad y homogeneidad de varianzas se realizó la prueba de ANDEVA, y para la comparación entre medias de los tratamientos se utilizó la prueba de Tukey (Martínez, 1988), con nivel de  $\alpha = 0.05$  para aceptar diferencia estadística entre los tratamientos.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

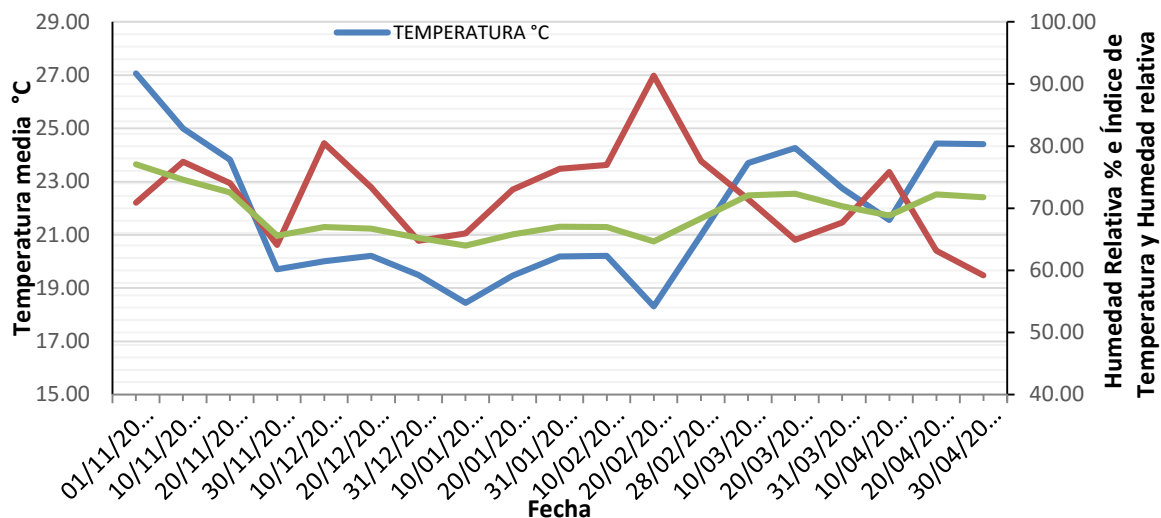
El índice temperatura y humedad (ITH) durante los periodos experimentales (Grafica 1 y 2) oscilaron entre 63 y 80 %. Durante el año 2014 el ITH fue más elevado a partir de la última semana de Marzo y permaneció superior a 76 %, considerado por Igono *et al.*, (1992), como el límite máximo para que el ganado Holstein. Al respecto Jordan (2003), indicó que cuando el ITH es alto se afecta tanto la producción como la reproducción.

**Grafica 1.** Muestra valores promedio de temperatura, humedad relativa e ITH registrados durante el periodo experimental 2013-2014.



Grafica elaborada con promedio de datos registrados por estación climatológica de Centro de Investigación en Alimentos y Desarrollo (CIAD) de Costa Rica y Facultad de Agronomía (FA).

**Grafica 2.** Muestra valores promedio de temperatura, humedad relativa e ITH registrados durante el periodo experimental 2014-2015.



Grafica elaborada con promedio de datos registrados por estación climatológica de Centro de Investigación en Alimentos y Desarrollo (CIAD) de Costa Rica y Facultad de Agronomía (FA).

La presencia de moco cervical en las vacas utilizadas en la prueba se muestra en el cuadro 1. La mayor proporción de vacas con descarga de moco correspondió a PG y CN ( $P < 0.05$ ), por el contrario, las vacas bajo el esquema de sincronización con progesterona ( $P_4$ ) mostraron menor presencia de moco cervical (57.7 %) al momento del servicio.

**Cuadro 1.** Presencia de moco cervical al momento de la inseminación artificial en vacas Holstein en lactación bajo dos protocolos de sincronización de estro.

Tratamiento	Tamaño de muestra	Vacas con moco	
		N	%
Celo Natural	40	29	72.5 <sup>b</sup>
PGF <sub>2</sub> $\alpha$	35	28	80.0 <sup>ab</sup>
P <sub>4</sub>	43	19	44.0 <sup>c</sup>
Valor de P			0.01

<sup>Abc</sup> Diferentes literales dentro de cada columna denota diferencia significativa ( $P < 0.05$ ).

En repetidas ocasiones ha sido reportado que la coloración del moco cervical al momento del servicio funciona como un factor propicio para determinar la penetración de los espermatozoides hasta el sitio de unión con el ovulo, y obviamente con la concepción también. Normalmente, durante el estro el moco cervical se secreta bajo la influencia de los estrógenos en las vacas cíclicas que ovulan espontáneamente; por lo tanto, el moco cervical y algunas de sus propiedades físicas podrían utilizarse para determinar el momento óptimo para realizar la IA en el ganado (Tsiligianni y col, 2009). Sin embargo, los tratamientos hormonales para la inducción del estro interrumpen la normalidad de estas características físicas (Tsiligianni y col, 2001<sup>a</sup>) y bioquímicas presentes en el moco (Tsiligianni y col, 2001<sup>b</sup>). Dichos cambios pueden ser interpretados como un factor de descarte para llevar a cabo la IA en ese momento; al respecto, la razón la exponen López-Gatius y col. (1993), cuando mencionan que la turbidez del moco estral le resta motilidad a los espermias en su camino hacia el ovulo, en cambio, la elasticidad de este facilita la permeabilidad facilitando el desplazamiento (Meshmood y col., 1991). En contraste, el moco cervical turbio, en un estudio de (Modi y col., 2011), se apreció en 13.1 % de las vacas repetidoras de servicios. En conclusión, las propiedades del moco cervical tales como viscosidad y elasticidad se han asociado con el momento de la ovulación en las vacas (Tsiligianni y col, 2011).

La tasa de concepción (TC) a los 45 días después del primer servicio fue similar ( $P>0.05$ ) entre tratamientos (Cuadro 2). Sin embargo, a los cinco meses, el mismo indicador difirió ( $P=0.03$ ) entre los diferentes métodos de sincronización.

**Cuadro 2.** Diagnóstico de gestación de vacas Holstein en lactación bajo dos métodos de sincronización de estros.

Tratamientos	n	Diagnóstico		TP, %	
		45 d	5 m	45 d	5 m
Celo Natural	40	22	39	55	97.5 <sup>a</sup>
PGF <sub>2</sub> $\alpha$	35	22	33	63	94.3 <sup>ab</sup>
P <sub>4</sub>	43	25	35	58	81.4 <sup>b</sup>
Valor de P				.079	0.03

DG1- Diagnostico de gestación a 45 días post-primer servicio, DGF- Diagnostico de gestación a los 5 meses.

<sup>Abc</sup> Diferentes literales dentro de cada columna denota diferencia significativa ( $P<0.05$ ).

Inseminar artificialmente a las vacas como se aprecia en el cuadro 2, resulta mejor en los animales que manifiestan celo natural o en aquellos donde el calor es inducido con PG, en comparación con los que son sometidos a protocolos a base de progesterona. Al respecto, la TC bajo las condiciones de esta prueba fue 15 % mayor en las vacas dentro de los tratamientos CN y PG combinados (95.9 vs 81.4 %), que en las vacas que fueron inducidas al estro con progesterona (P<sub>4</sub>).

En la vaca, con ciclicidad normal se ha observado aumento en la liberación uterina de PGF<sub>2</sub> $\alpha$  hacia los días 17-18 de del ciclo, asociándose con el proceso de luteólisis normal al final de cada ciclo estral (Schallenberger y col., 1984). Durante el proceso natural de luteólisis sucede un rápido descenso en el flujo de sanguíneo hacia el cuerpo lúteo, que ha sido propuesto como una de las principales acciones luteolíticas ejercidas por la prostaglandina endógena en la hembra. Este proceso de disminución en el flujo sanguíneo hacia el cuerpo lúteo es logrado de manera similar cuando es aplicada la PGF<sub>2</sub> $\alpha$  exógena, imitando el proceso natural de luteólisis (Wolfenson y

col., 1985). Por lo anterior, es posible esperar que la tasa de concepción sea similar entre las hembras que muestran celo natural y aquellas que son inducidas por medio de la aplicación de  $\text{PGF}_2\alpha$  (Motlik y col., 1976).

Dado los avances en el conocimiento del ciclo estral de los bovinos y de las hormonas que en él participan, se ha logrado utilizar la  $\text{P}_4$  para imitar la fase luteal corta producida previo al reinicio de la actividad sexual cíclica posparto de las vacas (Lucy y col., 2004), La  $\text{P}_4$  se emplea como un agente necesario para obtener una mejor fertilidad en vacas en anestro (Macmillan y Peterson, 1993). Respecto a lo anterior, (Lucy y col., 2004), mencionan que las vacas en anestro necesitan progesterona o progestágenos para estimular el sistema Hipotálamo-hipófisis-ovarios (H-H-O), y que además, éstos agentes pueden combinarse con hormonas que provoquen la ovulación sincrónica en el ganado. Durante un período de 5 años, las tasas de preñez a una inseminación artificial realizada a tiempo fijo han oscilado entre 55 – 77 % en vaquillas, no obstante la proporción en vacas es un poco menor.

Usando dispositivos intravaginales más cipionato de estradiol al retiro Madero y col. (2010), obtuvieron 55.7 % de tasa de preñez en vaquillas. Por su parte Colazo y col. (2004), con vacas de raza cárnica lactando, obtuvieron 60.2 % de tasa de preñez utilizando dispositivos intravaginales como sincronizador de la ovulación; ambos resultados reflejan similitud a los obtenidos en este experimento dentro del grupo de vacas que recibieron  $\text{P}_4$ . En general, los protocolos a base de progesterona han sido utilizados por productores lecheros en diversas partes del mundo con porcentajes de preñez que oscilan entre el 35 y 55 %, (Bó, 2011), como se puede apreciar la TP general del presente trabajo (58.7 %) se encuentra muy cercana al rango publicado por Bó (2011), siendo sin embargo 3.7 % mayor respecto al límite superior reportado por el autor.

La eficiencia reproductiva es un factor muy importante que determina la rentabilidad del ganado bovino lechero. Esta se puede medir, además de la TC, a partir de otros indicadores reproductivos (Cuadro 3), como el intervalo de tiempo que transcurre del parto al primer servicio (IPPS), Los días abiertos (DA), que reflejan el tiempo que sucedió entre el último parto y la siguiente gestación, así como los servicios que se dieron para lograr que las vacas logren gestar (SPC).



En realidad de los parámetros planteados anteriormente, los más utilizados de manera rutinaria para evaluar la eficiencia del manejo reproductivo son los días abiertos o el de intervalos parto concepción. El concepto de DA implica pérdidas de ingresos por más días de lactancia, aquí es apropiado mencionar que a mayor días en lactancia de una vaca, más tiempo permanecerá ésta en la etapa final de menor producción láctea, además muy probablemente permanezca por más días en el periodo seco y al final se obtendrán menos becerros por año. Los DA en vacas normales está compuesto por el puerperio fisiológico que son los días necesarios para que aparezca un primer celo después del parto, que es un promedio de no menos de 45 y un máximo de 60 días. Este período, llamado Período de espera voluntario, no puede ser modificado sustancialmente ya que responde a variables fisiológicas. Los otros componentes de los días abiertos están originados en fallas en la detección de celos y fallas en la concepción, lo cual implica, en ambos casos adicionar 21 días del nuevo ciclo estral a los días abiertos (Cuitaia *et al.*, 2001).

**Cuadro 3.** Indicadores reproductivos de vacas Holstein en lactación bajo dos métodos de sincronización de estros.

Variables	Tratamientos			Valor de P
	Celo natural	Prostaglandinas	Progesterona	
IPPS <sup>1</sup> , d	73.99 ± 7.16 <sup>b</sup>	89.52 ± 7.43 <sup>a</sup>	85.05 ± 7.52 <sup>ab</sup>	0.01
DA <sup>2</sup>	81.44 ± 9.98	84.15 ± 10.80	85.49 ± 11.16	
SPC <sup>3</sup>	1.65	1.54	1.40	

<sup>1</sup> Intervalo parto primer servicio; <sup>2</sup> Días abiertos; <sup>3</sup> Servicios por concepción.

<sup>abc</sup> Diferentes literales dentro de cada columna denota diferencia significativa (P<0.05).

De los parámetros que se muestran en el cuadro 3, El IPPS se encuentra muy por encima de lo indicado por Gasque (1993), estableciendo como límite superior 50 días postparto para que ocurra el primer servicio. Así mismo menciona, que el periodo de tiempo en que la vaca vuelva a gestar después del último parto no debe exceder los

100 días para lograr la máxima eficiencia reproductiva del hato. Sin embargo, los resultados en este trabajo resultan similares a los reportados por Cavestany *et al.*, (2001), en donde el IPPS de vacas Holstein fue de 89.9 días en promedio. Del mismo modo, (Ramírez y Segura, 1992) informaron que el IPPS de vacas Holstein en el noreste de México era de 83.0, igualmente cercano a los datos obtenidos en esta prueba. Al respecto, Washburn *et al.*, (2002), mencionan que los días a primer servicio después del parto han aumentado con el tiempo en los hatos del sureste de estados unidos; probablemente, el aumento en la producción de leche esté implicado en este fenómeno. Al respecto, Faust *et al.*, (1988), ya habían dicho que el volumen de leche producido afecta negativamente la tasa de concepción en el ganado.

Los días DA obtenidos por (Ramírez y Segura, 1992), 131.6, además de los presentados por Cavestany *et al.*, (2001), 125.5, son muy superiores a los encontrados en este trabajo, sin embargo, bajo ciertas condiciones el intervalo parto a la concepción es influenciados por varios factores, entre los que se encuentra el periodo voluntario de espera, nivel productivo del ganado, sistema de producción, así como el tiempo al que ocurre la primera ovulación después del parto (Oseni *et al.*, 2003). Ahora bien, las diferencias entre los resultados de los reportes y los datos obtenidos en esta prueba pueden deberse a la precisión en la detección de celos, en este experimento se detectaron celos en tres momentos de una hora cada uno a través del día, y los lotes de experimentación no fueron tan voluminosos como para afectar la observación de los animales. La falla en la precisión para detectar la actividad sexual en las vacas, provocó, según (Arana *et al.*, 2006), que los intervalos de tiempo entre el parto al primer servicio (118.4 d) y parto a la concepción (171.3 d) fueran muy prolongados en su trabajo, empobreciendo el desempeño reproductivo de los animales de prueba.

Además se sabe que el intervalo parto a la concepción no solo afecta la eficiencia reproductiva en los hatos, sino que también, cuando este se extienden más allá de 90 días aumenta el riesgo de muerte o desecho de la vaca en 30.6 % (Pinedo y De Vries, 2009), esto respecto a las vacas que se preñan entre los 45 y 90 días postparto. La causa de dicho evento se le ha atribuido sin lugar a dudas a la extensión en la lactación más allá del periodo normal, desfasándose el tiempo como resultado de no conseguir la preñez pronto después del parto. De manera natural, hacia el final

de la lactancia la producción de leche es típicamente baja, y el consumo de alimento regularmente no corresponde al nivel productivo de los animales en ese momento, esto provoca aumento excesivo de condición corporal en los animales. Así, una vaca en esta condición tiene mayor riesgo de muerte o sacrificio alrededor del parto debido a los problemas metabólicos que aparecen en los animales con exceso de condición corporal alrededor del parto (Heuer *et al.*, 1999).

Como se sabe, durante el posparto las vacas lecheras sufren un cambio importante en el balance energético (Butler, 2000), que precede la aparición de los ciclos ováricos normales. Este balance energético negativo está provocado fundamentalmente por pérdida de energía que implica la lactancia y que excede la incorporada a través de los alimentos. Dicho balance negativo se ha asociado con la dinámica folicular, con el conocido resultado de la falta de celo y ovulación (Ruegg, 1991). El restablecimiento de la secreción pulsátil de LH luego del parto provoca el reinicio de la dinámica folicular normal, con lo cual dan comienzo los ciclos estrales, así, cuando la actividad cíclica se reactiva pronto después del parto, aumenta la probabilidad de una concepción temprana. En efecto, el momento de la primera ovulación determina y limita el número de ciclos estrales que pueden ocurrir antes de la primera inseminación, y cuanto mayor sea el número de celos antes de los 60 días postparto, mayor será la probabilidad de concepción al primer servicio, por último, luego de estos acontecimientos endocrinos son restablecidos, la concepción de las vacas se logra con más facilidad, lo que permite utilizar menos servicios para lograr que las vacas gesten (Cuitaia *et al.*, 2001), técnicamente, 2,60 y 1,75 servicios por concepción para vacas de 0 y 4 celos respectivamente antes de los 60 días postparto. Observando el 1.53 alcanzado en el actual trabajo, significa que el ganado estaba en buenas condiciones al momento de la prueba, pues es similar a 1.75 reportado por Cuitaia *et al.*, (2001).

## **VII. CONCLUSIÓN**

La tasa de preñez de vacas Holstein en lactación es mejor cuando la detección de calor es realizada de manera efectiva.

La reproducción de vacas Holstein en lactación durante la época fresca del trópico seco mexicano se comporta similar a las regiones templadas del mundo.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Acevedo Rodríguez Alejandro, 2004. Estudio retrospectivo del método de sincronización de la ovulación y su efecto sobre el porcentaje de preñez en ganado lechero. Tesis.
- Allrich, D.R. 1993. Estrous behavior and detection in cattle. *Vet. Clinics of North América*.9: 249-262.
- Arana, C. D., L. Echeverría y J. Segura. 2006. Factores que afectan el intervalo parto-primer servicio y primer servicio-concepción en vacas lecheras del valle del mantaro durante la época lluviosa. *Rev Inv Vet Perú*. 17 (2): 108-113.
- Arthur, G. H., D. E. Noakes y H. Pearson. 1991. Reproducción y obstetricia en veterinaria. 6ª Edic. pp. 702.
- Badinga, L., R. J. Collier, W. W. Thatcher, y C. J. Wilcox. 1985. Effects of climatic and management factors on conception rate of dairy cattle in subtropical environment. *J. DairySci*. 68:78–85.
- Bagnato, A y P. A. Oltenacu. 1994. Phenotypic Evaluation of Fertility Traits and Their Association with Milk Production of Italian Friesian Cattle. *J DairySci*. 77:874-882.
- Bearden, H. J. y J. Fuquay. 1980. Reproducción animal aplicada. Primera Edición. Ed. Manual Moderno S. A. de C. V. Pp 358.
- Berman, A., Y. Folman, M. Kaim, M. Mamen, Z. Herz, D. Wolfenson, A. Arieli, y Y. Graber. 1985. Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a subtropical climate. *J. Dairy Sci*. 68:1488–1495.
- Bleach E.C.L, R. G. Glencross y P. G. Knight. 2004. Association between ovarian follicle development and pregnancy rate in dairy cows undergoing spontaneous oestrous cycles. *Reproduction*, 127: 621-629.
- Britt, J. H. 1985. Enhanced reproduction and its economic implications. *J. DairySci*. 68:1585–1592.
- Butler, W. R 2000. Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Anim. Reprod. Sci*. 60–61. 449–457.
- Butler, W.R. y R. D. Smith. 1989. Interrelationships between energy balance on postpartum reproductive function in dairy cattle. *J. Dairy Sci*. 7, 767–783.

- Buttler, W.R. y Elrod, C.C. 1991. Reproduction in high-yielding dairy cows as related to energy balance and protein intake. 6° Curso Internacional de Reproducción Bovina. AIBIR. A.C. México, D.F. 20-27.
- Bó, G.A., Adams, G.P., Pierson, R.A., Mapletoft, R.J. 1995. Exogenous control of follicular wave emergence in cattle. *Theoriogenology*. 43:31-40.
- Bó, G. A. 2011. Programas de IATF en ganado bovino lechero. *Spermova* 1(1): 34-43.
- Britt, J. H. 1975. Early Postpartum Breeding in Dairy Cows. *J Dairy Sci*. 58:266.
- Callejas, S. 2001. Fisiología del Ciclo Estral Bovino. 3759. En Palma, G. ed. *Biología de la Reproducción*. Argentina. p. 701.
- Caraviello, D. Z., K. A. Weigel, P. M. Fricke, M. C. Wiltbank, M. J. Florent, N. B. Cook, K. V. Nordlund, N. R. Zwald, y C. L. Rawson. 2006. Survey of management practices on reproductive performance of dairy cattle on large US commercial farms. *J. Dairy Sci*. 89:4723–4735.
- Cavestany, D, C. S. Galina, y C. Viñoles, 2001. Efecto de las Características del reinicio de la actividad ovárica posparto en la eficiencia reproductiva de vacas Holstein en pastoreo. *Archivos de medicina veterinaria*, 33(2), 217-226.
- Cutaia, L., R. Tríbulo, D. Moreno, y G.A. Bó. 2001. Resincronización de celos en vacas Braford utilizando progestágenos y Benzoato de Estradiol. 4° Simposio Internacional de Reproducción Animal. Huerta Grande, Córdoba. 22 al 24 de junio; 245. Abstr.
- Heuer, C., Y. H. Schukken, y P. Dobbelaar. 1999. Postpartum body condition score and results from the first test-day milk as predictors of disease, fertility, yield, and live culling in commercial dairy herds. *J. Dairy Sci*. 82:295–304.
- Colazo, M.G., R. J. Mapletoft, M. F. Martinez y J. P. Kastelic. El uso de tratamientos hormonales para sincronizar el celo y la ovulación en vaquillonas. *Cienciaveterinaria*. Vol. 9 (1): 4-19.
- De Vries, A. 2004. Economics of delayed replacement when cow performance is seasonal. *J. Dairy Sci*. 87:2947–2958.
- Dunlap, S. E., y C. K. Vincent. 1971. Influence of postbreeding thermal stress on conception rate in beef cattle. *J. Anim. Sci*. 32:1216.

- Enevoldsen, C., y T. Kristensen. 1997. Estimation of body weight from body size measurements and body condition scores in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80:1988–1995.
- Faust, M. A., B. T. McDaniel, O. W. Robison, y J. H. Britt. 1988. Environmental and yield effects on reproduction in primiparous Holsteins. *J. Dairy Sci.* 71:3092–3099.
- Ferreira, R. M., H. Ayres, M. R. Chiaratti, M. L. Ferraz, a. B. Araújo, C. A. Rodrigues, Y. F. Watanabe, A. A. Vireque, D. C. Joaquim, L. C. Smith, F. V. Meirelles, y P. S. Baruselli. 2011. The low fertility of repeat breeder cows during summer heat stress is related to a low oocyte competence to develop into blastocysts. *J. Dairy Sci.* 94:2383-2392.
- Folman, Y., M. Kaim, Z. Herz, y M. Rosenberg. 1984. Reproductive management of dairy cattle based on synchronization of estrous cycles. *J. Dairy Sci.* 67:153–160.
- Gasque, G.R. 1993. Enciclopedia del Ganado Bovino. UNAM. México.
- Giordano, J. O., P. M. Fricke, M. C. Wiltbank, y V. E. Cabrera. 2011. An economic decision-making support system for selection of reproductive management programs on dairy farms. *J. Dairy Sci.* 94:6216–6232.
- Gwazdauskas, F. C. 1985. Effects of Climate on Reproduction in Cattle. *J. Dairy Sci.* 68:1568-1578.
- Hafez, E.S.E. 1996. Reproducción e inseminación artificial en animales. 542 p. (Ed. Interamericana, 6ta edición).
- Hafez, E. 1999. Reproducción e Inseminación artificial en animales. 6a ed. México, D.F. Ed. Interamericana, S.A. 247 p.
- Hafez, E. S. Y B. Hafez. 2002. Reproducción e inseminación artificial en animales. 7ª edic. McGrawhill, México. P. 41-45.
- Hansen, P. J. 2007. Exploitation of genetic and physiological determinants of embryonic resistance to elevated temperature to improve embryonic survival in dairy cattle during heat stress. *Theriogenology.* 68:242–249.
- Hansen, P. J. y C. F. Arechiga. 1999. Strategies for managing reproduction in the heat stressed dairy cow. *J. Anim. Sci.* 77:Suppl. (2) 36-50.

- Hernández, L. J.J., Román, P.H. y González, P.E. 1984. Comportamiento reproductivo del ganado bovino lechero en clima tropical. 3. Efecto de la temperatura y humedad relativa sobre el porcentaje de concepción en vacas Holstein y Suizo Pardo. *Tec. Pec. Mex.* 46: 9-18.
- Holman, F. J., C. R. Shumway, R. W. Blake, R. B. Schuart y E. M. Sudweek. 1984. Economic Value of Days Open for Holstein Cows of Alternative Milk Yields With Varying Intervals. *JDairySci.* 67:636.
- Hoffmann B, D. Schams, R. Bopp, M. L. Ender, T. Gimenez y H. Karg. 1974. Luteotrophic factors in the cow: evidence for LH rather than prolactin. *J.Reprod.Fertil.* 40:77–85.
- Igono, M., G. Bjotvedt, H. T. Sanford-Crane. 1992. Environmental profile and critical temperatura effects on milk production of Holstein cows in desert climate. *Int. J. Biometeorol.* 36:77-87.
- Illera, M. M. 1994. Reproducción de los animals domésticos. 1ra. Ed. Barcelona. Ed. Aedos S. A. 34 p.
- Jordan, E. 2003. Effects of heat stress on reproduction. *J. DairySci.* 86:(E. Suppl.):E104–E114.
- Kaltenbach, C.C. 1980. Control of estrus in cattle. In current therapy in theriogenology. D. Monrrow. W.B. Saunders Company. p-1287.
- Kristula, M., R. Bartholomew y D. Galligan. 1992. Effects of a Prostaglandin F2a Synchronization Program in Lactating Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 75:2713-2718.
- Lamothe, Z. C., G. Fredricksson, and H. Kindhal. 1991. Reproductive performance of Zebu cattle in México. 1. Sexual behavior and seasonal influence on estrous ciclicity. *Theoriogenology* 36: 887- 896.
- Lauderdale, J. W. (1972) Effects of PGF<sub>2</sub>, on pregnancy and estrous cycle of cattle. *J. Anim. Sci.* 35, 246.
- López-Gatius, F., J. Miró, I. Sebastián, A. Ibarz, y J. Labernia. 1993. Rheological properties of the anterior vaginal fluid from the super ovulated dairy heifers at estrus. *Theriogenology.* 40: 167–180.
- Lucy, M. C., S. McDougall, D.P. Nation. 2004. The use of hormonal treatments to improve the reproductive performance of lactating dairy cows in feedlot or pasture-based management systems. *Anim. Reprod. Sci.* 82–83:495–512.



- Madero, S., O. De Dominicis, F. Cantalops, G. Uslenghi y S. Callejas. 2012. Efecto de dos dosis de cipionato de estradiol y del rango de horario para la IATF sobre la tasa de preñez en vaquillonas. *Rev. Vet.* 23: 1. 46-48.
- Macmillan, K.L., Peterson, A.J. 1993. A new intravaginal progesterone releasing device for cattle (CIDR-B) for oestrus synchronization, increasing pregnancy rates and the treatment of postpartum anoestrus. *Anim.Reprod. Sci.*; 33, p. 1-26.
- Macmillan, K.L., Lean, I.J. and Westwood, C.T. 1996. The effects of lactation on fertility of dairy cows. *Aust. Vet. J.* 73.4.141.147.
- McDonald's, 2003. *Veterinary endocrinology and reproduction*. Fifth edition. Pp. 597.
- Mapletoft, R. J., M. F. Martínez, M. G. Colazo, y J. P. Kastelic. 2003. The use of controlled internal drug release devices for the regulation of bovine reproduction. *J. Anim. Sci.* 81(E. Suppl. 2):E28–E36
- Mehmood, A., S. Akhtar, N. Ullah' y M. I. Khan. 1991. The use of the probit model to predict pregnancy status of buffalo based on physio-chemical properties of estrual mucus. *Theriogenology.* 36:1.117-122.
- Modi, L. C., B. N. Shutar, H. C. Nakhshi, V. K. Sharma y H. H. Panchasara. 2011. Physical characteristic of estrual cervical mucus and conception rate in repeat breeder Kankrej cattle. *IJAVMS.* 5 (5): 416-423.
- Moreira, F., C. Orlandi, C. A. Risco, R. Mattos, F. Lopes, y W. W. Thatcher. 2001. Effects of presynchronization and bovine somatotropin on pregnancy rate to a timed artificial insemination protocol in lactating dairy cows. *J. DairySci.* 84:1646–1659.
- Motta-Delgado, P.A., Rivera-Calderón, L. G., Mariño-Aldana, A. y Lizcano-Penagos, C. E. 2012. Desempeño productivo y reproductivo de vacas F1 Gyr x Holstein en clima cálido colombiano. *Vet. Zootec,* 6(1): 17-23
- Motlik, J., A. Pablok, y J. Fulka. 1976. Pregnancy in heifers after synchronization of estrus with prostaglandin F-2 $\alpha$ . *J. reprod. Fert.* 47: 87-88.
- Nebel, R.L y M. L Mcgilliard. 1993. Interactions of High Milk Yield and Reproductive Performance in Dairy Cows. *J Dairy Sci.* 76:3257-3268.
- Neuvians, T. P., D. Schams, B. Berisha, y M.W. Pfaffl. 2004. Involvement of Pro-Inflammatory Cytokines, Mediators of Inflammation, and Basic Fibroblast

- Growth Factor in Prostaglandin F2 $\alpha$ -Induced Luteolysis in Bovine Corpus Luteum. *Biol.Reprod.* 70: 473–480.
- Oseni, S., I. Misztal, S. Tsuruta, y R. Rekaya. 2003. Seasonality of days open in US Holstein. *J. Dairy Sci.* 86:3718–3725.
- pankowski, J. W., D. M. Galton, H. N.Erbp, C. I.Guard, y Y. T. grohn. 1995.Use of Prostaglandin F2 $\alpha$ , as a Postpartum Reproductive Management Tool for Lactating Dairy Cows.*J. Dairy Sci.* 78:1477-1488.
- Peralta-Torres, J. A.,J. R. Aké-López , F. G. Centurión-Castro y J. G. Magaña-Monforte. 2010. Comparación del cipionato de estradiol vs benzoato de estradiol sobre la respuesta a estro y tasa de gestación en protocolos de sincronización con cidr en novillas y vacas Bosindicus: Universidad y ciencia, tropichumedo. 26(2):163-169.
- Pinedo, P. J. y A. De Vries. 2010. Effect of days to conception in the previous lactation on the risk of death and live culling around calving. *J. Dairy Sci.* 93:968–977
- Pires, M. F. A., A. M. Ferreira, H. M. Saturnino, y R. L. Teodoro. 2002. Taxa de gestaçãoemfêmeas da raça Holandesa confinadas em free stall, no verão e inverno. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootecn.* 54:57–63.
- Ramírez, G. R., y J. C. C. Segura. 1992. Comportamiento reproductivo de un hato de vacas Holstein en el noreste de México. *Livestock research for rural development.* 4:2.
- Roche, J.F. 1974.Synchronization of oestrus and fertilityfollowing artificial insemination inheifers given prostaglandin F2 $\alpha$ . *J. Reprod.Fert.* 37:135-138.
- RodriguezBlanquet, J. B. 2003. Métodos de uso de prostaglandinas F2 $\alpha$  para sincronizar celos y ovulaciones en bovinos para carne: una discusión crítica. *Agrociencia.* 2003 Vol. VII N° 1 pp 92-104.
- Rosenberg, M., Y. Folman, Z. Herz, I. Flamenbaum, A. Berman y M. Kai. 1982. Effect of climatic conditions on peripheral concentrations of LH, progesterone and oestradiol-17  $\beta$  in high milk-yielding cows. *J. Reprod. Fert.* 66: 139-146.
- Roth, Z. 2008. Heat stress, the follicle, and its enclosed oocyte,Mechanisms and potential strategies to improve fertility in dairy cows. *Repr. Dom. Anim.* 43:238-244.
- Ruegg, P.L. 1991. Body Condition scoring in dairy cows: Relationship with production, reproduction, nutrition and health. *Comp. Cont. Ed.* 13: 1309-1313.
- Salisbury, G. W., N. L. VanDemark y J. R. Lodge. 1978. PrimeraEdición. Ed. Acribia. Pp 831.

- Savio J.D, W. W.Thatcher, G. R. Morris, K. Entwistle, M. Drost y M. R.Mattiacci.1993. Effects of induction of low plasma progesterone concentrations with a progesterone-releasing intravaginal device on follicular turnover and fertility in cattle. *J. Reprod. Fert.* 98:77-84.
- Secretaría de economía. 2012.Análisis del sector lácteo en México (versión preliminar).
- Shehab-El-Deen, M. A. M. M., J. L. M. R. Leroy, M. S. Fadel, S. Y. A. Saleh, D. Maes,y A. Van Soom. 2010. Biochemical changes in the follicular fluid of the dominant follicle of high producing dairy cowsexposed to heat stress early post-partum. *Anim. Repr. Sci.* 117:189-200.
- Schallenberger E, D. Schams, B. Bullermann, y D. Walters. 1984. Pulsatile secretion of gonadotrophins, ovarian steroids and ovarian oxytocin during prostaglandin-induced regression of the corpus luteum in the cow. *J. Reprod. Fertil.* 71:493–501.
- Scanlon, P.F., Sreena, J. N., Gordon, I. 1972. Observation on the retention of intravaginal sponge pessaries by cattle.*Vet. Rec.* 90, p. 437-439.
- Shearer, J.K.; Bray, D. 1995.Manteniendo la salud de la ubre y la calidad de la leche durante periodos calurosos. *Hoard's Dairyman*
- Shimizu, H., Toyada, Y., Takeuchi, S.T., Adachi, S. 1976.Synchronization of oestrus and subsequent fertility of beef cattle following the intravaginal administration of gestagen.*J.Reprod. Fert.* 13: 555-558.
- Short, R.E. and Adams, D.C. 1988.Nutritional and hormonal interrelationships in beef cattle reproduction. *Can. J. Anim. Sci.* 68:29.
- Smith, J.F. 1976. Tecniques and hazards of oestrus synchronization. *New Zealand. Vet. J.* 24: 65-69.
- Spitzer, J.C., Morrison, D.G., Wettemann, R.P. and Faulkner, L.C. 1995. Reproductive responses and calf birth and weaning weights as affected by body condition at parturition and postpartum weight gain in primiparous beef cows. *J. Anim. Sci.* 73: 1251-1257.
- Sorensen, A.M. 1982 *Reproducción Animal. Principios y Prácticas.* Ed, McGraw – Hill., p. 539.
- Staples, C.R, W. W. Thatcher y J. H. Clark. 1990. Relationship between ovarian activity and energy statusduring the early postpartum period of high producing dairy cows. *J Dairy Sci.* 73, 938–947.

- Tsiligianni T.H., A. Karagiannidis, P. Brikas, P. H. Saratsis. 2001a. Physical properties of bovine cervical mucus during normal and induced by progesterone and/or PGF<sub>2</sub>alpha estrus. *Theriogenology*. 55:629–640.
- Tsiligianni T.H., A. Karagiannidis, P. Brikas, P. H. Saratsis. 2001b. Chemical properties of bovine cervical mucus during normal estrus and estrus induced by progesterone and/or PGF<sub>2</sub>alpha. *Theriogenology*. 56:41–50.
- Tsiligianni, T., G. S. Amiridis, E. Dovolou, I. Menegatos, S. Chadio, D. Rizos, A. Gutierrez–Adan. 2011. Association between physical properties of cervical mucus and ovulation rate in superovulated cows. *The Can. J. of Vet. Res.* 75:248–253.
- Tervit, H. R., L. E. A. Rowson A. Bbrand. 1973. Synchronization of oestrus in cattle using a prostaglandin F<sub>2</sub>αanalogue. *J. Reprod. Fert.* 34:179-181.
- Tresguerres, J. A. F., y N. V. Salazar.2003. *Endocrinología Reproductiva. Avances en Farmacología y Farmacoterapia. Acción Medica Madrid.* 149-192.
- Ulberg, L. D., y P. J. Burfening. 1967. Embryo death resulting from adverse environment on spermatozoa or ova. *J. Anim. Sci.* 26:571.
- Veerkamp. R. F, E. P. C. Koenen, y G. De Jong. 2001. Genetic Correlations Among Body Condition Score, Yield, and Fertility in First-Parity Cows Estimated by Random Regression Models. *J Dairy Sci.* 84:2327–2335
- Villa-Godoy, A., T. L. Hughes, R. S. Emery, L. T. Chapin, y R. L. Fogwell. 1988. Association between energy balance and luteal function in lactating dairy cows. *J Dairy Sci.* 71, 1063–1072.
- Washburn, S. P., W. J. Silvia, C. H. Brown, B. T. McDaniel, y A. J. McAllister. 2002. Trends in reproductive performance in Southeastern Holstein and Jersey DHI herds. *J. Dairy Sci.* 85:244–251.
- Webb, R., K.J. Woad and D.G Amstronng. 2002. Corpus luteum (CL) function: local control mechanisms. *Domest. Anim. Endocrinol.* 23: 277-285.
- West, J. 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 86:2131–2144.
- Wolfenson, D., W. W. Thatcher, M. Drost, D. Caton, D. B. Foster, y M. M. LeBlanc. 1985. Characteristics of prostaglandin F measurements in the ovarian circulation during the oestrous cycle and early pregnancy in the cow. *J. Reprod. Fertil.* 75:491–499.

Wolfenson, D., I Flamenbaum, y A. Berman. 1988. Hyperthermia and body energy store effects on estrous behaviour, pregnancy rate, and corpus luteum function in dairy cows. *J Dairy Sci.* 71:3497-3504.

Yabuta, O. A. K. 2001. *El estrés calórico en ganado lechero.* México. 2001.

Zarco, Q.L. y C.J. Hernandez. 1996. Momento de la ovulación y efecto de intervalo entre el inicio del estro y la inseminación artificial sobre el porcentaje de concepción en vaquillas Holstein. *Vet. Méx.* 27: 4-10.