

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



TESIS:

“Respuesta reproductiva de vacas Holstein x Gyr multíparas en lactación a diferentes métodos de sincronización del estro bajo condiciones ambientales de trópico seco.”

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

PRESENTA:

Tirzo Robles Camargo

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Alfredo Estrada Angulo

CO-DIRECTORA DE TESIS:

Dra. Beatriz Isabel Castro Pérez

ASESORES:

Dr. Miguel Alberto Luque Agundes

Dr. Germán Contreras Pérez

Dr. Francisco G. Ríos Rincón

Culiacán Rosales, Sinaloa, Marzo del 2016

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

MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

CONSEJO PARTICULAR

DIRECTOR

DR. ALFREDO ESTRADA ANGULO

CO-DIRECTORA

DRA. BEATRIZ ISABEL CASTRO PEREZ

ASESOR

DR. MIGUEL ALBERTO LUQUE AGUNDES

ASESOR

DR. GERMAN CONTRERAS PEREZ

ASESOR

DR. FRANCISCO G. RIOS RINCON

CULIACÁN ROSALES, SINALOA, MÉXICO, MARZO DEL 2016

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 profesores de maestría en especial al Dr. Jesús José Portillo Loera por su apoyo en el análisis de datos del experimento.

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	v
INDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES.....	4
2.1. Aspectos de la Producción de Leche en México.....	4
2.2. El Ciclo Estral de los Bovinos.....	5
2.3. Particularidades Reproductivas del Ganado Cebú.....	7
2.4. Sistemas de Producción en los Trópicos.	8
2.5. Parámetros Reproductivos del Ganado Explotado en los Trópicos.....	9
2.6. Métodos de Manipulación del Ciclo Estral en Bovinos.....	11
III. HIPÓTESIS	14
IV. OBJETIVO	15
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	18
VII. CONCLUSIÓN.....	26
VIII. LITERATURA CITADA	27

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	TITULO	PÁGINA
1	Presencia de MC al momento de la inseminación artificial en vacas cruzadas (HN x Gyr) multíparas en lactación bajo dos métodos de sincronización de estro.....	20
2	Diagnóstico de gestación de vacas cruzadas (HN x Gyr) multíparas en lactación bajo dos métodos de sincronización de estros.....	21
3	Indicadores reproductivos de vacas cruzadas (HN x Gyr) multíparas en lactación bajo dos métodos de sincronización de estros.....	23

INDICE DE FIGURAS

GRÁFICA	TÍTULO	PÁGINA
1	Valores promedio de temperatura, humedad relativa e ITH registrados durante el periodo experimental 2013-2014.....	18
2	Valores promedio de temperatura, humedad relativa e ITH registrados durante el periodo experimental 2014-2015.....	19

RESUMEN

Respuesta reproductiva de vacas cruzadas Holstein x Gyr multíparas en lactación a diferentes métodos de sincronización del estro bajo condiciones ambientales de trópico seco.

Tirzo Robles Camargo

Para determinar la respuesta reproductiva de vacas cruzadas Holstein x Gyr multíparas en lactación a diferentes métodos de sincronización del estro bajo condiciones ambientales de trópico seco. Se utilizaron 137 vacas cruzadas Holstein x Gyr, multíparas lactando con más de 50 días postparto, dicho lapso de tiempo es fijado como el periodo voluntario de espera (PVE) de celos de manera natural. Las vacas utilizadas en la prueba contaron con más de dos partos, con condición corporal de 2.5 como mínimo. La prueba comprendió dos periodos en dos años diferentes, 2014-2015, entre los meses de Diciembre a Mayo. Las vacas fueron agrupadas por días abiertos, y 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 del retiro de los dispositivos. La presencia de moco cervical (MC) fue modificado por los tratamientos ($P=0.01$). Las vacas bajo el esquema de PG mostraron mayor descarga de MC con 88.6 %, seguido de CN y PT con 62.9 y 45.2 respectivamente. La PT a 45 días fue similar ($P>0.05$), sin embargo, difirió a los 5 meses ($P=0.03$), registrándose 97.5, 94.3, y 81.4 para CN, PG y PT respectivamente. El IPPS fue afectado por los tratamientos ($P=0.01$), siendo CN (68.83 %) el menor, seguido por PT (78.71 %) y el mayor PG (83.88 %). Los DA, las horas del celo a la IA (HIA) y SPC fueron similares ($P>0.05$) entre los tratamientos. Se concluye que los métodos de sincronización de celos no contribuyen a una mejoría de las variables reproductivas de vacas Holstein x Gyr en lactación, sin embargo, estos permiten que las vacas puedan ser inseminadas en un periodo corto de tiempo que evitará el estar en tiempos de espera prolongados para la inseminación individual diaria.

Palabras clave: Progestágenos, Prostaglandina F2 α , Comportamiento reproductivo.

ABSTRACT

Reproductive response of crossbred Holstein x Gyr multiparous lactating cows to different estrus synchronization methods under dry tropics climates

Tirzo Robles Camargo

To determine the reproductive performance of crossbred lactating multiparous Holstein x Gyr cows using different estrus synchronization methods under ambient conditions of the dry tropic, 137 crossbred Holstein x Gyr multiparous lactating cows with a voluntary waiting period (VWP) of more than 50 days postpartum were used. Cows used in the study had more than two calving periods and body condition score of at least 2.5. The study comprised two periods in two different years, 2014-2015, between the months of December through May. The cows were grouped by days open and fed a total mixed ration (TMR), which had 17% CP and 1.6 Mcal / ENL. The treatments were: T1: natural heat (NH) without application of hormones; T2: two intramuscular injections (IM) 500 mcg prostaglandin (PG) with interval between application of 11 days and T3: consisted in the intravaginal insertion for eight days of a device that released progesterone (PT) (1.9 mg CIDR) + IM injection of 2.0 mg of estradiol benzoate (BE); after withdrawal of the devices 0.5 mg estradiol cypionate (ECP) + 500 mcg of PG were applied IM, Artificial insemination (AI) in cows detected in estrus in CN and PG was done under the AM-PM rule while PT cows were timed AI (TAI) 56 h after removal of the devices. The presence of cervical mucus (CM) was modified by the treatments ($P = 0.01$). The cows under the PG scheme showed higher discharge of CM with 88.6%, followed by NH and PT with 62.9 and 45.2 respectively. The pregnancy rate (PR) at 45 days was similar ($P > 0.05$), but differed at 5 months ($P = 0.03$), registering 97.5, 94.3, and 81.4 for NH, PG and PT respectively. The calving to first AI index (CFAI) was affected by treatments ($P = 0.01$), where NH (68.83%) was the lowest, followed by PT (78.71%) and the highest PG (83.88%). Days open (DA), hours of estrus to AI (HIA) and services per conception (SPC) were similar ($P > 0.05$).

Key words: progestogens, Prostaglandin F₂ α, reproductive behavior

I. INTRODUCCIÓN

En México la producción de leche de bovino es muy heterogénea desde el punto de vista tecnológico, agroecológico y socioeconómico, incluyendo la gran variedad de climas regionales y características de tradiciones y costumbres de las poblaciones. Sin embargo, la industria de productos lácteos es la tercera actividad más importante dentro de la rama de la industria de alimentos en México. Según cifras del Servicio del SIAP (2012), la producción nacional de leche de bovino preliminar para este año fue de 10,838 millones de litros, lo cual representa una tasa media de crecimiento de 1.3% a lo largo del período 2003-2011. En este sentido, las regiones tropicales de México han contribuido aproximadamente con el 28 % de la leche total nacional (Koppel y col., 1999). Al respecto, cabe señalar que la producción nacional mantiene una tendencia de crecimiento que abarca poco más de dos décadas, desde el inicio de la década de los noventa hasta el año 2011; no obstante, a pesar del crecimiento sostenido la producción nacional sólo cubre alrededor del 80% del consumo nacional (SIAP, 2012).

La producción de leche en condiciones tropicales depende de varios factores relacionados con el animal, el ambiente y la tecnología de producción; en el contexto del animal, y con base en la sostenibilidad de los sistemas surge como una alternativa el uso de animales locales *Bos indicus*, en cruzamientos con razas *Bos Taurus* lecheras especializadas. Al respecto, algunos estudios (Juárez y col., 1999; Carvajal-Hernández y col., 2001) han confirmado la ventaja de los cruzamientos entre *Bos Taurus* y *Bos indicus* en condiciones tropicales. Según López y col. (2009), las vacas cruzadas con la proporción de 50 hasta 80 % de genes *Bos taurus* son capaces expresar mayor potencial para producción de leche bajo condiciones tropicales.

Para considerar a la ganadería como una actividad eficiente es necesario que la vaca tenga un intervalo de parto de 12 a 13 meses, que se traduce en destetar a un becerro por año y mantener una buena producción de leche (Román, 1995).

Una de los principales factores en el aumento del intervalo entre el parto y una nueva concepción, es la poca eficiencia en la detección de celo (Rounsaville y col., 1997). Dado que no es deseable depender de la detección del celo, se han desarrollados diversos protocolos de sincronización del estro; entre los que se encuentran los protocolos a base de progesterona y estradiol en los que es posible la inseminación artificial en un momento previamente establecido (IATF) (Cutaia y col., 2003). Desde su implementación, la sincronización del estro se ha vuelto una herramienta de trabajo para los productores ya que representa un ahorro de mano de obra y trabajo, el principal objetivo de esta técnica es obtener una mejor genética y un mejor desempeño reproductivo de los hatos ganaderos (Dejarnette, 2004). Con la sincronización de los celos, es posible observar mayor presencias de actividad sexual en proporción de 75 a 90% de los animales tratados. Por el contrario, sin el uso de algunos de estos protocolos de sincronización, la proporción se reduce a 30 %. Sin embargo, Webb (2003), menciona que son muchos los factores a tomar en cuenta para elegir un protocolo de sincronización de calores, entre los que destaca el tiempo, trabajo, facilidad de maniobras y costos, No obstante, considera Blanco (2008), que es necesario conocer el adecuado funcionamiento del método elegido, lo que permite tener una garantía de la correcta implementación del protocolo. Actualmente en el mercado existen dos grupos hormonales utilizados para la sincronización del estro en bovinos: las prostaglandinas y sus análogos, además de los progestágenos, que pueden ser utilizados de manera diferente. Desde la década de los 60's se empezaron a utilizar las progesteronas sintéticas por ser mas económicas y de mayor eficacia, estos, se pueden suministrar en el agua, alimento, en forma de dispositivos intravaginales o por medio de implantes auriculares. En la gran mayoría de los casos, se observa que a las 48 horas de retirar la progesterona se presentan los signos de celo (Kaltenbach, 1980; Sorensen, 1982). De diferente manera, Rowsonet y col. (1972), propusieron un tratamiento para la sincronización del estro en bovinos utilizando la PGF2 α como agente luteolítico. Dicha hormona es capaz de provocar atresia al cuerpo lúteo funcional y provocar el celo, pero carece de efectividad en los primeros 5 días del ciclo estral (Rowson y col., 1972; Rodríguez, 2003; Ramírez y Quintero, 2008). Por lo anterior, la respuesta de la actividad

luteolítica en el ganado en muchos casos es variable; al respecto, Gonzales y Ruiz (1975), demostraron que al usar prostaglandinas en ganado Brangus en el estado de Sonora, México, la respuesta de presentación de celo fue mayor en vacas que en vaquillas, 93 y 73% respectivamente, no obstante, la tasa de gestación en los animales tratados fue similar, 63 vs. 69% respecto a los animales testigo. Durante las últimas décadas se han logrado avances importantes en el conocimiento del funcionamiento del ciclo estral bovino, lo que permite mejorar el desempeño reproductivo de los animales mediante el uso del método de sincronización más adecuado, a partir del mejor entendimiento de los eventos del ciclo estral bovino. (Larocca, 2005; Adams y col., 1993; Dick, 1999). Sin embargo, la información científica concerniente a la metodología de manipulación del ciclo estral en los bovinos ha sido generada mayoritariamente en las regiones templadas, por lo que, el objetivo de este trabajo fue medir la respuesta reproductiva de vacas cruzadas Holstein x Gyr multíparas en lactación a diferentes métodos de sincronización del estro bajo condiciones ambientales de trópico seco.

II. ANTECEDENTES

2.1. Aspectos de la Producción de Leche en México.

A nivel nacional la producción de leche se incrementó 1.9% con 48 millones 115 mil litros, durante el primer trimestre del año 2014, respecto al mismo periodo del año anterior, según (SIAP, 2014), destacando como responsables del aumento los estados de Durango, México y Puebla, con 6.0, 5.8, y 5.4 % respectivamente; sin embargo, las estadísticas nacionales también revelan que la producción de leche en México es insuficiente para satisfacer una demanda interna constantemente en aumento. De ahí, se desprende que el país tenga que importar el 49.6 % de la leche en polvo de un total de 89 mil 625 toneladas que requiere, como puede verse, prácticamente la mitad de la necesidad fue satisfecha a través de las compras al exterior. Por lo tanto, es necesario considerar que hace falta mucho trabajo por hacer para cubrir tal demanda, para eso es necesario que todas las regiones del país generen volúmenes adecuados del producto y no se dependa únicamente de estados como Jalisco, Coahuila, Durango, Chihuahua y Guanajuato que carguen con la responsabilidad, ya que es sabido que estas cinco entidades aportaron alrededor de 57% de la leche total nacional (SIAP, 2014), producida durante el primer trimestre del 2014.

En el trópico, los sistemas de producción de leche con animales de la raza Holstein, están limitados en su producción por factores tanto genéticos como ambientales. Las condiciones del medio tropical afectan de manera considerable el comportamiento productivo de las razas especializadas, disminuyendo su producción y condicionando el manejo de los animales, lo que limita la expresión del potencial genético en estos animales; afectándose la producción de leche por vaca por año, por ello, el rendimiento del ganado Holstein representa una cuarta parte de la cantidad lograda por esta misma raza en zonas templadas (Hernández-Reyes y col., 2002).

Sin embargo, las zonas tropicales en México son potencialmente ricas en recursos ganaderos, que aprovechados en forma adecuada podrían contribuir a una mayor producción de éstas en el futuro (Guarneros y col., 2012). De éstas, las principales regiones productoras de leche en el trópico mexicano son Veracruz, la Huasteca,

Chiapas y Tabasco (Castro y col., 2001). No obstante, para incrementar el volumen de leche producido en los trópicos nacionales, se ha recurrido al cruzamiento de diferentes razas cebuinas como la raza Brahman, Gyr y Nelore, con razas europeas como la Holstein, Pardo Suizo o Jersey. La ventaja de los mencionados grupos raciales ha sido confirmada en varios estudios previos en México (Osorio-Arce y Segura-Correa. 2002) y en el mundo (Casas y Tewolde, 2001). Por ejemplo, se ha mencionado que las vacas obtenidas del cruzamiento entre razas *Bos indicus* con Pardo Suizo Americano, Holstein o Jersey produjeron 265% más leche que las razas criollas (Vite-Cristóbal y col., 2007). Al respecto, Hernández-Reyes y col. (2001), indican que el genotipo con mejor desempeño productivo en condiciones tropicales resulta de la cruce entre ejemplares de la raza Holstein con individuos de la raza cebú. Especialmente cuando la proporción de genes que proceden del ganado Holstein es de 75 % (Gonzales y Lagunés, 1997; López-Ordaz y col., 2009; Mellado y col., 2011). Por tal motivo, la producción de leche en el trópico mexicano proviene principalmente de hatos de ganado de doble propósito en pastoreo que resulta de los cruzamientos de Cebú x Suizo Pardo o Cebú x Holstein, donde las vacas son ordeñadas mayoritariamente con apoyo de la cría (Hernández-Reyes y col. 2001). Además, bajo las condiciones de clima tropical los animales que resultan del cruzamiento de la raza Holstein muestran mejor comportamiento productivo que los de doble propósito procedentes de otras razas (Martínez-Tinajero y col., 2006).

2.2. El Ciclo Estral de los Bovinos.

Este se divide 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 y col., 1978). Para el caso de los bovinos, la vaca es poliéstrica anual, o sea, cicla todo el año y cada ciclo dura entre 17 y 23 días, el celo entre 6 y 18 h, y la ovulación tiene lugar entre 24 y 30 h después de comenzado el celo. Después de la ovulación, el cuerpo lúteo se desarrolla y la concentración plasmática de progesterona aumenta entre el día 4 y 12 del ciclo para permanecer constante hasta la luteolisis, que comienza entre los días 16 a 19 (Mapletoft y col.,

1999). Durante el estro, las hembras muestran la conducta de receptividad sexual. Los ovarios contienen uno y ocasionalmente dos folículos de Graaf que han madurado hasta tamaño pre-ovulatorio (McDonald's, 2003). 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, 1996; Bearden y Fuquay, 1980). En el ciclo estral bovino es posible medir los perfiles endocrinos y la presencia de estructuras cíclicas sobre los ovarios; dichas estructuras se conforman de folículos de diferentes tamaños, y el cuerpo lúteo formado pocos días después de la ovulación de un folículo dominante que alcanza el tamaño necesario para ovularse. Conjuntamente, es posible observar cambios vaginales y uterinos, así como el comportamiento estral evidente de receptibilidad al macho. Considerando lo anterior (McDonald's, 2003), el ciclo estral de vacas y vaquillas es convencionalmente dividido en cuatro fases; proestro, estro, metaestro y diestro. Siendo en el proestro donde se inicia la regresión del cuerpo lúteo del ciclo anterior, y termina con el inicio del estro o celo, el cual dura alrededor de dos o tres días. La destrucción del cuerpo lúteo ocurre gracias a la acción de la $PGF2\alpha$ de origen uterino. Con la caída de los niveles de progesterona, el efecto de retroalimentación negativa que ejercía a nivel hipotalámico desaparece y comienza a aumentar la frecuencia pulsátil de las hormonas FSH y LH las cuales estimulan el crecimiento folicular. El ciclo estral de los bovinos se describe gracias a los eventos principales que en él ocurren. A partir de lo cual, se le puede dividir en tres fases: la fase folicular o de regresión del cuerpo lúteo que acontece durante el proestro, la fase periovulatoria comprendida entre el estro y el metaestro, y la fase luteal situada alrededor del diestro. Para fines prácticos, el ciclo inicia el día 0, que corresponde al día del celo o calor aparente con signos. Sin embargo, y para efectos de mejor entendimiento, la descripción se realizara a partir de la destrucción del cuerpo lúteo del ciclo estral anterior y finalizara con el día de celo del siguiente ciclo (Rippe, 2009).

2.3. Particularidades Reproductivas del Ganado Cebú.

Las características reproductivas del ganado Cebú son diferentes de las reportadas en ganado *Bos taurus*, estos se caracterizan principalmente por presentar baja eficiencia reproductiva. En algunos trabajos realizados en México, por ejemplo, se reportan intervalos parto primer servicio por encima de los 100 días, intervalos parto concepción muy cercanos a los 150 días e intervalos entre partos de más de 450 días, lo que indica que a pesar de manejar sistemas asistidos con Inseminación artificial y otros adelantos tecnológicos, el rendimiento reproductivo del ganado en el trópico está influido negativamente por factores que impiden la expresión del potencial genético de los animales en las diferentes explotaciones (Borchert y col., 1999). Algunos estudios refuerzan el concepto de que el aspecto más débil y que probablemente tiene mayor influencia en los parámetros reproductivos mencionados anteriormente, es la deficiente detección de celos en los bovinos tipo cebú explotados en condiciones tropicales. Porcentajes del 36 % en la detección de calores reportados en México, contrastan con datos de explotaciones ubicadas en climas templados cuyos porcentajes varían entre un 40 y un 65 % (Favero y col., 1995). Esta baja detección de estros puede ser explicada debido a que el celo en animales tipo cebuino es significativamente más corto y su manifestación es menos evidente e intensa comparada con la reportada para ganado *Bos taurus* (Anta y col., 1989).

Los genotipos *Bos indicus*, sin embargo, poseen una capacidad reducida en la secreción de LH y son particularmente sensibles a la acción de gonadotropinas exógenas. También se ha reportado que el pico de LH y la ovulación ocurren en forma más temprana en relación con el estro en este tipo de ganado comparado con animales *Bos taurus* (Richards y col., 1989). Estos y otros problemas asociados con bajo rendimiento reproductivo en ganado cebuino se han podido reducir con la implementación de programas de sincronización de celos que permitan inducir celos fértiles en un tiempo predecible (Favero y col., 1995). Para ilustrar de mejor forma los eventos reproductivos del ganado desarrollado en condiciones tropicales Portillo (2005) menciona que las concentraciones de LH entre los días 2 y 4 del ciclo estral

no difieren entre las vacas Brahman, Senepol y Angus. Sin embargo, se han reportado diferencias raciales entre el ganado cebú y el ganado europeo en la amplitud y el tiempo de liberación de la LH. El intervalo entre el inicio del celo y la liberación de LH es de aproximadamente 4 horas en las vacas Brahman, 7 horas en las mestizas Brahman x Hereford y 5 horas en las Hereford. Adicionalmente, el intervalo entre la liberación de la LH y la ovulación es de 19 horas en las vacas Brahman, 22 horas en las mestizas Brahman x Hereford y 23 horas en las Hereford. De este modo, las vacas cebú tienen intervalos más reducidos desde el celo hasta la secreción de LH y desde la secreción de LH hasta la ovulación en comparación con vacas de razas europeas y mestizas.

A demás de lo anterior, también se han reportado diferencias en la duración del ciclo estral entre animales de razas europeas y cebuinas. Así, la duración del ciclo estral en el ganado europeo es típicamente de 21 días, con una pequeña variación. En contraste, hay una considerable variación en la duración del ciclo estral en el ganado cebú, para el cual se ha reportado un promedio de 28 días en novillas Brahman, 23 días en vacas de la raza Boran (cebú) y de 20 días en las vacas Brahman. El celo es más corto y menos evidente en los animales de raza cebú, comparados con las razas europeas. En los animales de las razas europeas, la duración del celo varía entre 3 y 26 horas con un promedio de 14 horas, mientras que en los animales cebú el rango es de 2 a 22 horas con un promedio de 7 horas (Portillo, 2005).

2.4. Sistemas de Producción en los Trópicos.

Los sistemas de producción en el trópico presentan un microclima específico para cada localidad, dependiendo de la latitud, la altitud, la distribución de las tierras, aguas, el suelo y variables climáticas como el viento, la lluvia, la temperatura, la humedad relativa, radiación solar, presión atmosférica, y la cobertura vegetal (Williamson y Payne 1975). Así, según la ubicación geográfica del sistema productivo, las diversas zonas ecológicas ejercen una influencia sobre cualquier tipo

de animal doméstico homeotermo en su habilidad de mantener la temperatura corporal dentro de un rango óptimo de actividad biológica; lo anterior dependerá del éxito de los mecanismos termorreguladores del animal (Wing-Ching-Jones y col., 2008).

Sin embargo, a pesar de las difíciles condiciones ambientales que plantean los ecosistemas tropicales para los animales. Los ambientes tropicales ofrecen ventajas y desventajas para la producción animal; dentro de los aspectos positivos se menciona que la precipitación alta y la duración solar diaria casi constante, favorecen la producción de forraje durante gran parte del año. En cambio, la proliferación de parásitos internos y externos (Jiménez y col., 2007); las enfermedades; los contenidos altos de pared celular en los forrajes (Sánchez y col., 2000), que favorecen la producción de calor interno desempeñan factores adversos para el comportamiento de los animales. Por su parte, las temperaturas y humedad relativa altas, son condiciones que afectan la expresión del potencial genético de los animales comprometiendo su bienestar que al final los conducen a una situación de estrés calórico, afectando su zona de confort o termo neutralidad establecida entre 5 y 25°C, lo que a su vez, esto, altera el consumo de alimento (West, 2003), y las concentraciones hormonales de los individuos (Jordan, 2003).

Dentro de las regiones Mexicanas productoras de leche, se pueden identificar claramente tres sistemas de producción, el especializado, pequeña escala y el de doble propósito, cada uno de estos contribuye en 50.6, 21.3 18.3 %respectivamente (SAGARPA, 2004). El especializado se caracteriza por tener mayor tamaño del hato, que se encuentra estabulado y mecanizado para la producción de leche y forraje. Los otros dos sistemas presentan menor tamaño del hato, entre 6 y 30 animales, que en su mayoría proceden de los cruzamientos entre las razas Holstein, Pardo Suizo y Criollo, y carecen de tecnificación (Hernández y col., 2013).

2.5. Parámetros Reproductivos del Ganado Explotado en los Trópicos.

El comportamiento reproductivo de las hembras bovinas es considerado uno de los componentes de mayor importancia en el contexto de una eficiente productividad en una explotación ganadera. En ganadería bovina tropical, un eficiente comportamiento

reproductivo permitirá obtener, como producto final, una mejor producción de litros de leche por vaca, contribuyendo con ello a la rentabilidad de la empresa ganadera. En general, una reproducción eficiente puede ser estimada en base a parámetros reproductivos como el intervalo entre partos, intervalo parto a la concepción, tasa de preñez, etc., sin embargo, son diversos los factores que afectan la obtención de mayor eficiencia (Huanca, 2013). El bovino cebú (*Bos Indicus*), se adapta al clima en los países tropicales, no obstante, existen dudas sobre su capacidad productiva, particularmente en lo referente a fertilidad y edad al primer parto. Esta situación, se refleja con un prolongado período interparto y una edad tardía al primer parto (Villa-Godoy, 1994).

Los hembras procedentes de cruzamientos entre *Bos Indicus* y *Bos Taurus* parieron tres meses más temprano, redujeron el intervalo entre partos en 30%, e incrementaron el consumo de materia seca en 8%, y además, acortaron el periodo seco en 234%, comparadas con las razas locales (Vite-Cristóbal y col., 2007). De la misma forma, Vallone y col. (2014), en un estudio retrospectivo acerca del comportamiento reproductivo de las razas Pardo Suizo y Holstein, así como la primera cruce entre estas dos razas, encontraron que, la edad al primer parto fue menor en F1 que en la raza Holstein, sin embargo la diferencia no sucedió con las hembras de la raza Pardo Suizo. La cruce F1 fue el genotipo con menor intervalo parto-concepción y menor número de servicios por preñez. En general, en el trópico mexicano se reporta que el comportamiento reproductivo y productivo del ganado es pobre, los indicadores señalan que la edad al primer parto es mayor a 36 meses, el intervalo entre partos es mayor de 18 meses, como consecuencia de esto, la tasa de pariciones anual se encuentra entre 55 y 60 % (Reynoso y col., 1987). Indudablemente, el anestro postparto y el consiguiente incremento del intervalo entre partos son unas de las principales causas de pérdidas económicas en la ganadería bovina bajo condiciones tropicales, según los reportes de algunos estudios realizados en el trópico peruano, el intervalos parto concepción de ganado Nellore bajo condiciones de pasturas mejoradas pero con cría al pie fue de 284 ± 17 días, mientras que en ganado cruzado con 50% *Bos taurus* y 50% *Bos Indicus*, con ordeño, cría al pie y bajo pasturas mejoradas el mismo indicador fue de 126 ± 18

días (Huanca y col., 2009). Es bien sabido (Savio y col., 1990), que el intervalo entre el parto y el primer celo postparto es un evento determinante para lograr una buena eficiencia reproductiva en el ganado, del mismo modo se reconoce también que la primera ovulación después del parto es influenciado por el consumo y calidad del alimento consumido, a las variaciones en el peso, la condición corporal al parto e interacciones entre estos factores. Considerando lo anterior, Huanca y col. (2009), suplementó 3 kg de concentrado/vaca/día desde el parto hasta los 60 días post parto, logrando acortar el tiempo a la primera ovulación en 18.13 % (70.6 vs 57.8 d). Por su parte, López-Ordaz y col.(2009), confirman lo reportado por Villegas-Carrasco y Román-Ponce (1986), acerca de lo determinante que resulta la mezcla de genes de *Bos taurus* en el ganado cebú. De tal forma, los autores apreciaron que los animales con 50% de genes *Bos taurus* a partir de la raza Holstein y 50% de genes *Bos Indicus* (F1) mostraron mayor habilidad reproductiva que las vacas cruzadas con sementales Pardo suizo americano. Los resultados observados sugieren la posibilidad de usar los grupos raciales procedentes del ganado Holstein preferentemente que cualquier otro grupo racial europeo. Además, en las hembras F1 de Holstein x Cebú disminuyó el intervalo entre partos 33 d, comparado con sus similares F1 Pardo suizo x cebú.

2.6. Métodos de Manipulación del Ciclo Estral en Bovinos.

La evolución de los métodos para el control del ciclo estral en la vaca puede ser ordenado en 5 fases distintas. La primera comprende todas investigaciones con el sentido de prolongar la fase lútea a través de la administración de progesterona exógena. Sin embargo, con el avance del tiempo estos métodos contaron con una asociación de estrógenos y gonadotropinas. La tercera fase está caracterizada por la utilización de prostaglandinas con el fin de acortar la fase lútea, la cuarta fase sería aquella en la que fueron desarrollados los métodos con la asociación de progestágenos y prostaglandinas. Y por último la denominada quinta fase surgió por estudios más recientes de las ondas foliculares que mostraron que el control del ciclo estral en la vaca requiere la manipulación no solo de la fase lútea sino también del

crecimiento folicular. Considerando lo anterior, se pueden visualizar las ventajas que ofrece la sincronización de estros en los bovinos, al respecto, se pueden como factores favorables de índole reproductivo la concentración de animales en estro en un corto periodo, el manejo racionalizado de la IA, concentración y reducción del periodo de parición, entre otro (Patterson y *col.*, 2006).

Una herramienta de uso frecuente para controlar el ciclo estral bovino son las prostaglandinas. La prostaglandina F₂α (PGF₂α) se sintetiza a partir de su precursor el ácido araquidónico, esta hormona es secretada por el útero y provoca contracciones en este 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 (Hafez y Hafez, 2000). Sin embargo, la detección de celo es necesaria cuando se utiliza esta hormona (Colazo y *col.*, 2007). Cuando la PGF₂α es inyectada parenteralmente simula el proceso normal de luteolisis (Lauremdale, 1972; Roche, 1974). No obstante, la PGF₂α tiene algunas limitaciones importantes (Colazo y *col.*, 2007), como la necesidad de un cuerpo lúteo activo en los animales al momento de la inyección. En general, la administración esquemática de PGF₂α 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 y *col.*, 1992; Pankowski y *col.*, 1995).

Utilizar progesterona para sincronizar estros implica suprimir el estro y de paso 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 y *col.*, 1993). La progesterona no suprime la secreción de FSH (Bleach y *col.*, 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 $\text{PGF}_2\alpha$, administrada al momento de la remoción del dispositivo ocurrida a los 7 días después de la inserción (Mapletoft y col., 2003). 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 (Colazo y col., 2007). De esta manera, al sincronizar la ovulación, es posible fijar la inseminación artificial (IATF) para un momento (Moreira y col., 2001).

III. HIPÓTESIS

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

IV. OBJETIVO

Determinar el efecto de diferentes métodos de sincronización de estros en el comportamiento reproductivo de vacas Holstein x Gyr en lactación en trópico seco.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

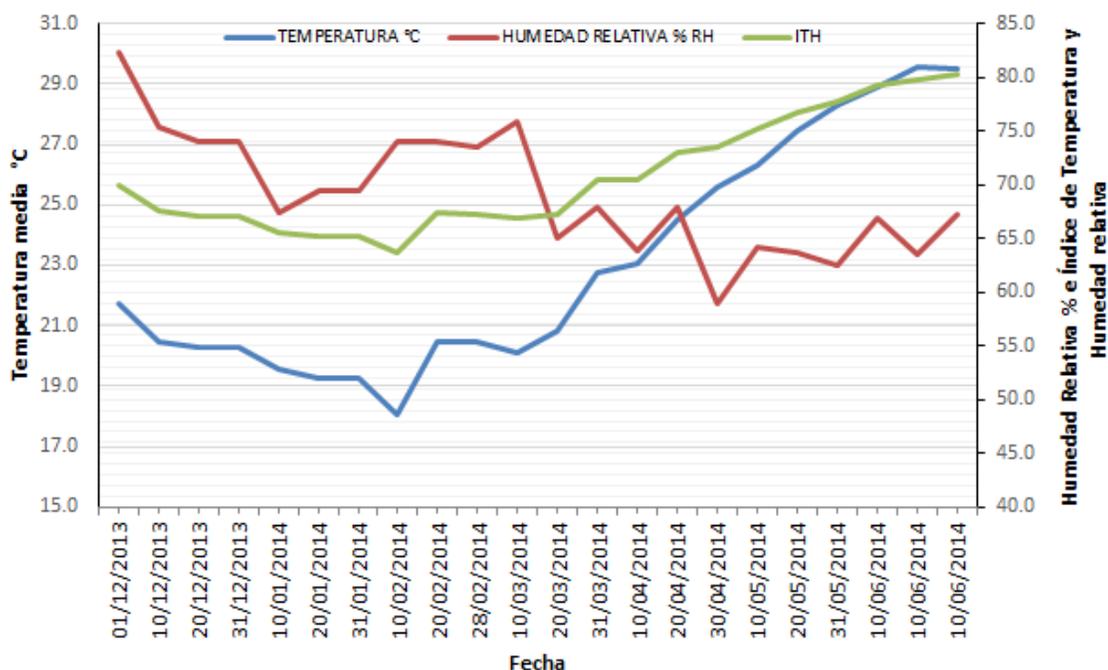
El presente trabajo se llevó a cabo en un hato de ganado lechero ubicado en el municipio de Culiacán, Sinaloa, México, el cual se encuentra 24° 0' 30" latitud norte y 107° 08' 0" longitud oeste con una elevación de 104 m.s.n.m. Para la investigación se utilizaron 137 vacas multíparas cruzadas, con diferentes proporciones de genes de las razas Holstein y de la raza Gyr (HN x Gyr), 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. La 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.

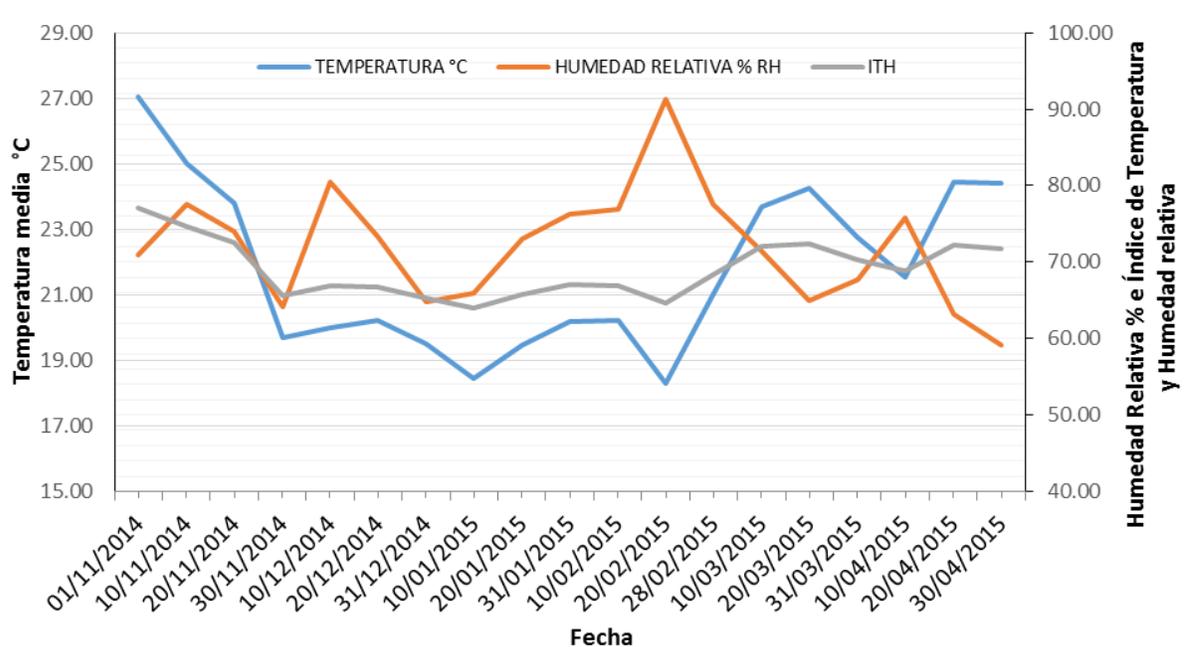
El índice temperatura y humedad (ITH) durante los periodos experimentales (Grafica 1 y 2) oscilaron entre 63 y 80. Durante el año 2014 el ITH fue más elevado a partir de la última semana de Marzo y permaneció superior a 76, considerado por Igono y col. (1992), como el límite máximo para que el ganado Holstein x Gyr ingrese a estrés calorico. Al respecto Jordan (2003), indicó que cuando el ITH es alto (+ de 769 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) del Municipio de Culiacán, Sinaloa, México.

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) del Municipio de Culiacán, Sinaloa, México.

La presencia de moco cervical (MC) en vacas cruzadas (HN x Gyr) sincronizadas con diferentes métodos de inducción de celos se muestra en el cuadro 1. La aparición de MC al momento de la inseminación artificial (IA) fue diferente entre tratamientos ($P=0.01$). Las vacas tratadas con prostaglandinas ($PGF_{2\alpha}$) tuvieron mayor descarga (88.6 vs 62.9 %) de MC al momento de la IA. Por el contrario, el tratamiento con progesterona provocó menor presencia de MC durante la IA (45.2 %).

Cuadro 1. Presencia de MC al momento de la inseminación artificial en vacas cruzadas (HN x Gyr) multíparas en lactación bajo dos métodos de sincronización de estro.

Tratamiento	N	Vacas con moco	%
Celo Natural	62	39	62.9 ^b
Prostaglandina F ₂ α	44	39	88.6 ^a
Progesterona	31	14	45.2 ^b
Valor de P			0.01

^{Abc} Diferentes literales dentro de cada columna denota diferencia significativa (P<0.05).

En esta prueba, las vacas sincronizadas con PG mostraron proporcionalmente mayor presencia de moco que el resto de los tratamientos, diferente a lo mencionado por Tsiligianni y col. (2003), en donde las vacas con ovulación espontánea muestran mayor presencia de MC al momento del servicio. Lo anterior tiene relación directa con la fertilidad, pues se sabe que la fluidez del MC influye sobre el desplazamiento espermático a través del conducto genital femenino; debido a esto, algunos autores como (Sharma y col., 2013), relacionan al MC como un factor determinante para el momento óptimo de llevar a cabo la IA. De hecho, la elasticidad de este facilita la permeabilidad para los espermias en su camino hacia el ovulo (Meshmood y col., 1991). De manera natural, el MC se produce continuamente por las células secretoras del cérvix, y la cantidad y calidad de este varían dependiendo del estado hormonal del ciclo estral (Sharma y col., 2013), específicamente por el nivel de estrógenos circulantes en sangre durante la fase folicular (Tsiligianni y col., 2011). Sin embargo, el MC en algunas ocasiones presenta cambio en su coloración, volviéndose turbio, en ese caso se ha relacionado según (Modi y col., 2011), en 13.1 % con la repetición de servicios.

En el cuadro 2, se muestra el porcentaje de vacas gestantes al primer diagnóstico de gestación realizado 45 días después de la IA. Los tratamientos no influyeron ($P=0.46$) sobre la cantidad de vacas gestantes a los 45 días. Sin embargo, a los 5 meses CN y PT fueron diferentes ($P=0.03$). CN fue mayor 16.51 % comparado con P_4 . En tanto que, la proporción de vacas gestantes entre PG y PT no mostró diferencia alguna ($P>0.05$).

Cuadro 2. Diagnóstico de gestación de vacas cruzadas (HN x Gyr) multíparas en lactación bajo dos métodos de sincronización de estros.

Tratamientos	n	Diagnóstico		TP, %	
		45 d	5 m	45 d	5 m
Celo Natural	62	39	60	62.9	97.5 ^a
PGF ₂ α	44	25	42	56.8	94.3 ^{ab}
P_4	31	22	29	71	81.4 ^b
Valor de P		.46	.77		0.03

DG1- Diagnóstico de gestación a 45 días post-primer servicio, DGF- Diagnóstico de gestación a los 5 meses.
^{Abc} Diferentes literales dentro de cada columna denota diferencia significativa ($P<0.05$).

La proporción de vacas que lograron una preñez a los 150 d fue muy superior a la reportada por Aban y col. (2008), con ganado cruzado de cebú con europeo. Las vacas con genotipo F1 tuvieron un 58 % de gestación, mientras que las vacas $\frac{3}{4}$ europeo y Cebú lograron 42 y 35 % de gestación respectivamente. Sin embargo las vacas con genotipo F1 guardaron cierta similitud con la tasa de preñez (TP) a los 45 d de la presente prueba. Por su parte Mérola y col., (2012), en vaquillas de carne sincronizadas con prostaglandinas, reportaron 63 % de la tasa de preñes, resultado

ligeramente mejor a la lograda en este experimento, solo que en la presente, las hembras bovinas utilizadas fueron vacas multíparas. Este es un factor que juega en contra de la fertilidad en el ganado, por encontrarse sujeto a la demanda de producción (Butler and Smith, 1989; Lucy, 2001; Wiltbank y col., 2006).

La sincronización de la ovulación utilizando dispositivos intravaginales más la aplicación de estrógenos inyectados es ampliamente utilizada en muchas regiones del mundo (Bó, 2011), con porcentajes de preñez que oscilan entre el 35 y 55 %, encontrándose muy influenciado por la condición corporal, los días de lactancia y la producción de las vacas. Ante este contexto, se puede ver que en los resultados de esta prueba, la TP fue mayor al rango establecido con anterioridad, así como también superior a la TP de 51.5 % lograda por Madero y col., (2012), con vaquillas Angus. Ante esta disparidad de resultados es necesario mencionar que, la TP en el ganado es bastante influenciada por el de los folículos presentes en el momento de la sincronización, ante esto, SáFilho y col. (2010), informaron que las hembras bovinas con mayor diámetro folicular, dos desviaciones estándar (DE) encima de la media, se preñaron 35.8 % (63.3 vs 27.5 %) más que aquellas en las que el folículo de menor tamaño, dos DE debajo de la media. De la misma manera, la ovulación sucedió en mayor proporción, 55.3 % (42.5 vs 97.8), la cantidad de vacas que mostraron celo en respuesta al tratamiento también fue mejorado en 35.4 %, y por último la TP de las vacas que ovularon fue de 68.2 %. Estos resultados pueden explicar las tasas de preñez de las hembras en estudio, ya que estas contaron con una condición corporal superior a 2.5, en la escala de 1 a 5, además una proporción de sus genes provenían de la raza Holstein; hecho que según varios informes (Gonzales y Lagunés, 1997; Hernández-Reyes y col., 2001; Vite-Cristóbal y col.,

2007; López-Ordaz y col., 2009; Mellado y col., 2011), resulta ventajoso, ya que por tal motivo, los animales que resultan de las cruzas entre las razas Holstein y Cebú no solo mejoran el comportamiento productivo, sino que la eficiencia reproductiva de igual manera se ve influenciada positivamente.

El intervalo de tiempo entre el parto y el primer servicio (IPPS) fue diferente ($P=0.01$) entre CN y PG (cuadro 3), CN y PG, al igual que PG y PT no fueron diferentes estadísticamente ($P>0.05$).

Cuadro 3. Indicadores reproductivos de vacas cruzadas (HN x Gyr) multíparas en lactación bajo dos métodos de sincronización de estros.

Variable	Celo natural	Prostaglandinas	Progesterona	Valor de P
IPPS	68.83 ± 5.03 ^b	83.88 ± 4.78 ^a	78.71 ± 4.75 ^{ab}	0.01
DA	91.19 ± 7.39	92.36 ± 7.16	92.41 ± 7.00	0.98
HIA	13.00 ± 0.95	11.79 ± 0.88	12.81 ± 0.99	0.36
SPC	1.65	1.54	1.40	0.38

^{abc} Diferentes literales dentro de cada columna denota diferencia significativa ($P<0.05$).

IPPS- Intervalo parto primer servicio; DA- Días abiertos; HIA- Horas transcurridas del celo detectado a la IA; SPC- Servicios por concepción.

Los DA, HIA y SPC que se muestran en el cuadro 3 fueron similares entre tratamientos ($P>0.05$). El IPPS mide el tiempo transcurrido desde que ocurre el parto hasta que se produce la primera IA en una vaca. Anta (1987), reporta 102 días como promedio, sin embargo, publica también que el rango puede oscilar entre 60 y 143 días en el ganado bovino desarrollado en las condiciones del trópico mexicano. Precisamente, el IPPS obtenido bajo las condiciones del presente ensayo se

encuentra dentro del rango citado. No obstante, López y col. (2010), necesitaron 127.2 días para realizar la primera IA en vacas con diferente proporción de genes *Bos taurus*. Considerando que la gestación en las hembras bovinas dura entre 275 y 290, y que en realidad solo restan en promedio 85 para lograr preñar a las vacas para lograr un parto por año (Córdova y Pérez, 2002), por ello es importante que el IPPS no se prolongue demasiado.

Los DA son utilizados como indicadores de eficiencia reproductiva, este parámetro en ganado cruzado con diferentes proporciones de genes de la raza Holstein explotado en condiciones tropicales alcanza valores tan elevados como 181 d (López-Ordaz y col., 2009), contrastando con el resultado de esta prueba. Similarmente, López y col. (2010), reportaron 176.56 DA en vacas con diferente porcentaje de *Bos taurus* mantenidas en condiciones de trópico húmedo. Es conveniente aclarar que el ganado cruzado mantenido en condiciones tropicales en su gran mayoría es desarrollado de forma extensiva, por lo tanto, ni la nutrición ni el manejo reproductivo son desarrollados dentro de los límites de eficiencia que se procuran con el ganado en estabulación completa; esta diferencia de manejo, podría explicar las diferencias tan amplias entre los datos logrados en esta prueba y los reportes publicados previamente.

Para que ocurra la concepción, la inseminación debe realizarse en un momento óptimo que evite que el espermatozoide o el óvulo pierdan sus cualidades biológicas por efecto de una temprana o tardía deposición del semen en el tracto genital de la vaca, la cual está en relación con el intervalo entre el momento de la inseminación y la ovulación. La información publicada respecto al mencionado para razas tropicales estima una media de 26 horas, según Alves y col. (2003), entre el inicio del celo y la ovulación. Mediante el empleo de la regla AM-PM se busca encontrar el momento óptimo para realizar la IA en el ganado. Para ello, Trimberger (1948) citado por Alves y col. (2003) sugirió que la IA debía efectuarse entre 12 a 18 horas antes de la ovulación; éste esquema recomienda que las vacas detectadas en celo en la mañana (AM) se inseminen por la tarde (PM) y que las detectadas en celo por la tarde (PM) sean inseminadas por la mañana del día siguiente (AM). Al respecto, Rodríguez (2001), informa que la fertilidad del ganado siguiendo la regla

AM-PM oscila entre 39.4% y 63.5%, resultados que guardan bastante similitud con los encontrados en el presente trabajo, sobre todo con el límite superior del rango establecido.

Los SPC, representan las IA necesarias para que una vaca logre quedar gestante, dicho parámetro se obtiene dividiendo la cantidad de IA registradas totales entre el número de vacas gestantes. Como indicador de eficiencia reproductiva se considera el rango que va de 1.5 a 1.8 servicios para que una vaca geste, ya sea a partir IA o servicio natural (Kruif, 1978). Los SPC en la presente prueba fueron en conjunto 1.5, resultado que coincide con el límite inferior previamente reportado por Kruif, (1978). Sin embargo, diferente a un SPC logrado por Vallone y col. (2014), en vacas cruzadas 50:50 HN con Gyr.

VII. CONCLUSIÓN

Se concluye que los métodos de sincronización de celos en vacas Holstein x Gyr multíparas en lactación bajo condiciones ambientales de trópico seco no contribuyen a una mejoría de las variables reproductivas, sin embargo, estos permiten que las vacas puedan ser inseminadas en un periodo corto de tiempo que evitará el estar en tiempos de espera prolongados para la inseminación individual diaria.

VIII. LITERATURA CITADA

- Aban, J. A., R. Delgado, J. G. Magaña y J. C. Segura. 2008. Factores que afectan el porcentaje de gestación a 120 días posparto en vacas cebú y cruza con europeo en el sureste de México. *Rev. A I A.* 12(1):45-56.
- Anta, J. E. 1987. Análisis de la información publicada sobre la eficiencia reproductiva del ganado bovino en el trópico mexicano. Tesis de licenciatura. Facultad de veterinaria. UNAM. México.
- Anta, J. E., A. Rivera, C. Galina, A. Porras y L. Zarco. 1989. Análisis de la información publicada en México sobre eficiencia reproductiva de los bovinos. II. Parámetros reproductivos. *Vet. Méx.* 20: 11 - 18.
- Bearden, H. J. y J. Fuquay. 1980. Reproducción animal aplicada. Primera Edición. Ed. Manual Moderno S. A. de C. V. Pp 358.
- Bó, G. 2011. Programas de IATF en ganado bovino lechero. *Spermova.* 1(1): 34-43.
- Borchert, K.M., C. E. Farin, y S. P. Washburn. 1999. Effect of estrus synchronization with Norgestomet on the integrity of oocytes from persistent follicles in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 77(10):2742-2748.
- Butler, W. R. y R. D. Smith. 1989. Interrelationships between energy balance on postpartum reproductive function in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 72: 767-783.
- Carvajal-Hernández M., E. R. Valencia-Heredia, y J. C. Segura-Correa. 2002. Duración de la lactancia y producción de leche de vacas Holstein en el Estado de Yucatán, México. *Rev Biomed.* 13:25-31.
- Casas E, y A. Tewolde. 2001. Evaluación de características relacionadas con la eficiencia reproductiva de grupos raciales criollos lecheros en el trópico húmedo. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 9:63-67.
- Castro, C., R. Sánchez, L. Iruegas, y G. Saucedo. 2001. Tendencias y Oportunidades de desarrollo de la red de leche en México. *FIRABoletín Informativo.* Vol. XXXIII. No. 317.
- Córdova, I. A. y G. J. F. Pérez. 2002. Indicadores reproductivos de bovinos en el trópico mexicano y factores que los determinan. *Med. Vet.* 19(3):47-56.

- Favero, R. J., D. B. Faulkner, T. G. Nash, D. J. Kesler. 1995. Effect of Norgestomet treatment after insemination on the calving rate of postpartum suckled beef cows. *J. Anim. Sci.* 73: 3230 - 3234.
- González, O.A. y L.J. Lagunés. 1997. Comportamiento productivo de becerros de doble propósito. Memoria III Simposium de Ganadería Tropical "Bovinos de Doble Propósito". INIFAP. Villahermosa, Tabasco. pp. 30-32.
- Guarneros, A. R., J. A. Rosales, J. M. C. Ávila, E. G. Arcadio, A. C. Cantú, M. A. P. González y S. G. V. De los Santos. 2012. Manual para Incrementar la Producción de Leche en el trópico Seco de México, Gobierno federal. SAGARPA-INIFAP. 1-60.
- Hafez, E.S.E. 1996. Reproducción e inseminación artificial en animales. 542 p. (Ed. Interamericana, 6ta edición).
- Hernández, M. P., J. G. Estrada-Flores, F. Avilés-Nova, G. Yong-Angel, F. López-González, A. D. Solís-Méndez, y O. A. Castelán-Ortega. 2013. Tipificación de los sistemas campesinos de producción de leche del sur del estado de México. *Universidad y ciencia*, 29. (1): 19-31.
- Hernández-Reyes, E., V. M. Segura-Correa, J. C. Segura-Correa y M. M. Osorio-Arce. 2001. Intervalo entre partos, duración de la lactancia y producción de leche en un hato de doble propósito en Yucatán, México. *Agrociencia* 35: 699-705.
- Hernández-Reyes, E., V. M. Valencia-Heredia, E. R. y J. C. Segura-Correa. 2002. Duración de la lactancia y producción de leche de vacas Holstein en el estado de Yucatán, México. *Rev. Biomed.* 13:25-31.
- Huanca, W. L., J. S. Camacho, H. U. Huamán, A. B. Ampuero, y O. C. Ramos. 2009. Efecto de la suplementación alimenticia y destete temporal sobre el comportamiento reproductivo postparto de vacas cruzadas en el trópico. *Rev. Inv. Vet. Perú.* 20 (1): 1-4.
- Huanca, W. 2013. Alternativas para mejorar el comportamiento reproductivo en ganado bovino cruzado (*Bos taurus* x *Bos indicus*). *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 21, (3): 181-183.
- Jimenez A., V. Montenegro, J. Hernandez, G. Dolz, I. Maranda, J. Galindo, C. Epe, y T. Schnieder. 2007. Dynamics of infections with gastrointestinal parasites and *Dictyocaulus viviparus* in dairy and beef cattle from Costa Rica. *Veterinary Parasitology* 148:262–271.
- Jordan, E. 2003. Effects of heat stress on reproduction. *J. Dairy Sci.* 86:(E. Suppl.):E104–E114.

- Juarez, L.F.I, D. G. Fox, R. W. Blake, A. N. Pell. 1999. Evaluation of tropical grasses for milk production by dual-purpose cows in tropical México. *J. DairySci.* 82:2136-2145.
- Koppel, R. E. T., G. A. Ortiz, D. A. A. Ávila, L. J. Lagunas, O. G. Castañeda, G. I. López. 1999. Manejo de ganado bovino de doble propósito en el trópico. INIFAP.CIRGOC. Libro Técnico Núm. 5. Veracruz, México.
- Kruif, A. 1978. Factors influencing the fertility of cattle population. *J. Reprod. Fert.* 54:507-518.
- López-Ordaz, R., C. Vite-Cristóbal, J.G. García-Muñiz y P.A. Martínez-Hernández. 2009. Reproducción y producción de leche de vacas con distinta proporción de genes *Bos Taurus*. *Arch. Zootec.* 58 (224): 683-694.
- López, R. O., R. C. García, J. G. M. García, R. V. Ramírez. 2009. Producción de leche de vacas con diferente porcentaje de genes *Bos taurus* en el trópico mexicano. *E Bos Taurus. Téc. Pecu. Méx.* 47(4):435-448.
- Lucy, M.C. 2001. Reproductive Loss in High-Producing Dairy Cattle: Where Will it End? *J. Dairy Sci.* 84: 1277-1293.
- Madero, S., O. De Dominicis, F. Cantallops, G. Uslenghi, y S. Callejas. 2012. Efecto de dos dosis de ciproionato de estradiol y del rango horario para la IATF sobre la tasa de preñes en vaquillonas. *Rev. Vet.* 23:1. 46-48.
- Mapletoft R, G. Bo, M. Martínez, M. Colazo, M. Caccia, G. Adams. 1999. Control del desarrollo folicular y su uso en programas de inseminación artificial a tiempo fijo en ganado de carne. III Simposio Internacional de Reproducción Animal, 51-69.
- Martínez-Tinajero, J. J., J. F. Aguirre-Medina, G. Martínez-Priego y G. Torres-Hernández. 2006. Comportamiento productivo y reproductivo de tres genotipos bovinos en la región del Soconusco, Chiapas, México. *Zootecnia Tropical.* 24. (2): 109-120.
- McDonald's, 2003. *Veterinary endocrinology and reproduction. Fifth edition.* Pp. 597.
- Mehmood A, S. Akhtar, N. Ullah y M. I. Khan. 1991. The use of the probit model to predict pregnancy status of buffalo on physio-chemical properties of estrual mucus. *Theriogenology.* 36:117-122.
- Mellado, M., F. Coronel, A. Estrada, F. G. Ríos. 2011. Lactation performance of Holstein and Holstein x Gyr cattle under intensive condition in a subtropical environment. *Tropical and Subtropical Agroecosystems,* 14: 927 – 93.

- Osorio-Arce M, y J. Segura-Correa.2002. Reproductive performance of dual-purpose cows in Yucatan, México. *Livest Res Rural Develop.* 14:1
- Patterson, D. J., D. J. Schafer, D. C. Busch, N. R. Leitman, D. J. Wilson, y M. F. Smith. 2006. Review of estrus synchronization systems: MGA. In: *Proceedings Applied Reproductive Strategies in Beef Cattle.* St. Joseph, MO. Pp. 63-103.
- Portillo, M. G. E. 2005. Fisiología reproductiva y diferencias reproductivas entre el ganado europeo y cebú. *Manual de Ganadería Doble Propósito.* 414-418.
- Reynoso, C.O., P. M. Villarreal, P. C. G. Vásquez.1987. Análisis del crecimiento hasta el destete de animales *Bostaurus x Bos indicus* criados bajo condiciones tropicales de México. *Téc. Pec. Mex.* 25:271-279.
- Richards, M. W., R. D. Geisert, L. E. Rice, D. S. Buchanan y J. W. Castree. 1988. Influence of synchro-mate-B and breed composition on estrous response and pregnancy rate in spring and fall-breed Barhman crossbred beef cows. *Theriogenology.* 29:951-960.
- Rippe, C. A. 2009. El ciclo estral. *Dairy Cattle Reproduction Conference.* Minneapolis, MN. 111-116.
- Roelofs, J. B., F.J.C.M. Van Eerdenburg, N.M. Soede, y B. Kemp. 2005. Various behavioral signs of estrous and their relationship with time of ovulation in dairy cattle. *Theriogenology* 63: 1366-1377.
- SAGARPA(Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2004. Situación de la producción de leche bovina en México. *Boletín informativo.* México, D. F. p. 1-19.
- SáFilhoa, M. F., A.M. Crespilho, J.E.P. Santos, G.A. Perryd, y P.S. Baruselli. 2010. Ovarian follicle diameter at timed insemination and estrous response influence likelihood of ovulation and pregnancy after estrous synchronization with progesterone or progestin-based protocols insuckled *Bos indicus* cows. *Anim. Reprod. Sci.* 120: 23–30.
- Salisbury, G. W., N. L. Van Demark y J. R. Lodge. 1978. Primera Edición. Ed. Acribia. Pp 831.
- Sánchez J., M. Villareal, y H. Soto. 2000. Caracterización nutricional de los componentes forrajeros de cuatro asociaciones gramíneas / *Arachis pintoi*. *Nutrición Animal Tropical* 6 (1):1-22.
- Savio, J. D., M. P. Boland, N. Hynes, J. F Roche. 1990. Resumption of follicular activity in the early postpartum period of dairy cows. *J. Reprod. Fertil.* 88:569-579.

- Sharma, V., S. Prasad y H. P. Gupta. 2013. Studies on physical and rheological properties of cervico-vaginal mucus during early pregnancy in buffaloes (*Bubalus bubalis*). *vet. world*. 508-511.
- SIAP, 2012. Secretaría de economía. Dirección general de industrias básicas análisis del sector lácteo en México análisis del sector lácteo en México. Marzo.
- SIAP- SAGARPA. 2014. "Panorama de la lechería en México". Marzo de 2014.
- Tsiligianni, T., A. Karagiannidis, P. h. Saratsis, y P. Brikas. 2003. Enzyme activity in bovine cervical mucus during spontaneous and induced estrus. *Can. J. Vet. Res.* 67:189-193.
- Tsiligianni, T., G. S. Amiridis, E. Dovolou, I. Menegatos, S. Chadio, D. Rizos, y A. Gutierrez-Adan. 2011. Association between physical properties of cervical mucus and ovulation rate in super ovulated cows. *Can. J. Vet. Res.* 75: 248–253.
- Vallone, R., E. Camiletti, M. Exner, W. Mancuso, y P. Marini. 2014. Análisis productivo y reproductivo de vacas lecheras Holstein, Pardo Suizo y sus cruza en un sistema a pastoreo. *Rev. vet.* 25: 1, 40-44.
- Villegas-Carrasco, M. del C. y H. Román-Ponce. 1986. Producción de leche durante el proceso de formación de un rancho de doble propósito en el trópico. *Téc. Pécu. Méx.*, 51: 51-61.
- Vite, C. C., R. López-Ordaz, J. G. García-Muñiz, R. Ramírez-Valverde, A. Ruiz-Flores, y R. López-Ordaz. 2007. Producción de leche y comportamiento reproductivo de vacas de doble propósito que consumen forrajes tropicales y concentrados. *Vet. Méx.*, 38 (1).
- West, J. 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 86:2131–2144.
- Wiltbank, M., H. Lopez, R. Sartori, S. Sangsritavong, y A. Gumen. 2006. Changes in reproductive physiology of lactating dairy cows due to elevated steroid metabolism. *Theriogenology* 65: 17-29.
- Wing-Ching-Jones, R. R. Pérez, y E. Salazar. 2008. Condiciones ambientales y producción de leche de un hato de ganado jersey en el trópico húmedo: el caso del módulo lechero-sda/ucr. *Agronomía Costarricense*. 32. (1): 87-94.