

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



TESIS:

**COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE VAQUILLAS
HOLSTEIN Y CRUZAS CON GYR DESARROLLADAS EN
ESTABULACIÓN EN TRÓPICO SECO**

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

PRESENTA:

Milton Cabada Florez

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Jesús José Portillo Loera

CO-DIRECTOR DE TESIS

Dr. Omar Salvador Acuña Meléndez

ASESORES:

Dr. Francisco Coronel Burgos

Dr. Miguel Ángel Rodríguez Gaxiola

Culiacán Rosales, Sinaloa, México. Abril de 2019

ESTA TESIS FUE REALIZADA POR **MILTON CABADA FLOREZ**, 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

**(SELLO DE
POSGRADO)**

CONSEJO PARTICULAR

DIRECTOR:

Dr. Jesús José Portillo Loera

CODIRECTOR:

Dr. Omar Salvador Acuña Meléndez

ASESOR:

Dr. Francisco Coronel Burgos

ASESOR:

Dr. Miguel Ángel Rodríguez Gaxiola

Culiacán Rosales, Sinaloa, México. Abril de 2019

DEDICATORIA

A María de Jesús Flores Oros y Gildardo Cabada León que con mucho esfuerzo nos regalaron a mis hermanos y a mí, dos invaluable tesoros su amor y un gran ejemplo

AGRADECIMIENTOS

A mis hijas Amaris, Amayrani y Ariana por tolerar mis ausencias.

A mi esposa por estar a mi lado y apoyarme en mis decisiones.

Al Dr. Francisco Coronel por animarme a continuar con mis estudios y por haber tenido la paciencia de un maestro.

A mi director de tesis Dr. Jesús José Portillo Loera por haber aceptado el reto de ser director de esta tesis.

Al Dr. Omar Salvador Acuña Meléndez, Dr. Miguel Ángel Rodríguez Gaxiola, por sus acertados comentarios durante los seminarios.

Al Dr. Carlos Bell Castro Tamayo por su ayuda y por permitir el uso continuo y gratuito del internet de la Unidad Avícola.

A mis compañeros de maestría: Abril, Anabel, Bere, Blanca, Jeidy, Mayra, Marlie, Juan Carlos, Mariano, Gilberto, Vlady y Jesús, por hacer de esta maestría una gran experiencia.

CONTENIDO

	PÁG.
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I INTRODUCCIÓN	1
II REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Leche.....	3
2.2 Producción de leche.....	5
2.2.1 Producción mundial.....	5
2.2.2 Producción nacional.....	5
2.2.3 Producción estatal y consumo de leche.....	6
2.3 Ganado lechero y fertilidad.....	7
2.4 Estrés calórico en la vaca lechera.....	8
2.5 Razas cebú y estrés calórico.....	9
2.6 Estudios de cruzamientos realizados en el trópico mexicano.....	11
2.7 Raza Holstein.....	12
2.8 Raza Gyr.....	14
2.9 Raza Girolando.....	15
2.10 Cruzamiento de razas orientado a la producción de leche.....	16
2.11 Heterosis.....	18
2.12 Desarrollo de vaquillas.....	21
III HIPÓTESIS	25
IV OBJETIVOS	26
4.1 Objetivo general.....	26
4.2 Objetivos específicos.....	26
V MATERIAL Y MÉTODOS	27
5.1 Tipo de estudio, localización del establo y características climáticas de la región.....	27
5.2 Animales y manejo.....	27

5.3 Procesamiento de la información de los registros.....	28
5.4 Datos meteorológicos.....	29
5.5 Análisis estadístico.....	29
VI RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
VII CONCLUSIONES.....	36
VIII LITERATURA CITADA.....	37

ÍNDICE DE CUADROS

	PÁG.
Cuadro 1. Producción de leche de bovino en Sinaloa por municipio en 2013.....	7
Cuadro 2. Estadísticas descriptivas para la edad a la primera inseminación, tiempo adicional al esperado y servicios por concepción de vaquillas Holstein y vaquillas con $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{8}$ Gyr.	31
Cuadro 3. Resultado de diagnóstico de preñez de acuerdo al número de inseminación artificial de vaquillas Holstein y vaquillas cruzadas con Gyr.....	34
Cuadro 4. Relación del índice de temperatura y humedad con la tasa de preñez en la primera inseminación artificial.....	35
Cuadro 5. Edad al primer parto en meses de vaquillas Holstein y vaquillas cruzadas con Gyr.....	36

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁG.
Figura 1. Distribución mundial del ganado <i>Bos indicus</i>	11
Figura 2. Esquema para generar animales $\frac{3}{4}$ y Europeo x Cebú.....	16

RESUMEN

COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE VAQUILLAS HOLSTEIN Y CRUZAS CON GYR DESARROLLADAS EN ESTABULACIÓN EN TRÓPICO SECO

Milton Cabada Florez

Con el objetivo de determinar el comportamiento reproductivo de vaquillas Holstein y Holstein con Gyr desarrolladas en estabulación en trópico seco, se analizaron los registros de 66 vaquillas Holstein (H), 13 F1 (F1) y 21 Gyrolando [62.5% Holstein 37.5% Gyr, (GH)], que fueron inseminadas (IA) entre febrero de 2014 y junio de 2015 en un establo lechero ubicado en la zona centro del estado de Sinaloa (24° 0' 30" latitud norte y 107° 08' 0" longitud oeste con una elevación de 104 m.s.n.m.). Para cada vaquilla se calculó la edad al primer servicio (EPS), el tiempo adicional al esperado a la primera inseminación (TAE) y la edad al primer parto (EPP); por grupo, se calculó la tasa de preñez (TP) y servicios por concepción (SPC). Los datos se analizaron a través de análisis de varianza y prueba de Ji cuadrada ($P \leq 0.05$). La EPS, el TAE, y EPP en las vaquillas H fue de 2.29, 2.79 y 3.03 meses más tarde que las GH ($P < 0.05$), respectivamente; y no hubo diferencia ($P \geq 0.51$) entre H con F1, y F1 con GH. SPC (1.22) y TP a la primera IA (66.67%), segunda IA (82.86%), tercera IA (82.86%) y cuarta IA (86.67%) fueron similares entre los 3 grupos raciales ($P \geq 0.05$); la TP por grupo racial fue de 86.76, 78.57 y 91.30% para H, F1 y GH, respectivamente ($P \geq 0.05$). En condiciones de desarrollo en estabulación, las vaquillas $\frac{5}{8}$ tuvieron menor edad al primer servicio y edad al primer parto, sin embargo la tasa de parto fue similar entre las vaquillas Holstein, F1 y $\frac{5}{8}$ Holstein $\frac{3}{8}$ Gyr.

Palabras claves: Edad al primer servicio; edad al primer parto; raza cruzada, vaquillas.

ABSTRACT

REPRODUCTIVE BEHAVIOUR OF HOLSTEIN AND HOLSTEIN-GYR CROSSBRED HEIFERS DEVELOPED AT A DAIRY FARM IN THE DRY TROPIC

Milton Cabada Florez

In order to determine reproductive behavior of Holstein and Holstein-Gyr heifers developed at a dairy farm in the dry tropics, records from 66 Holstein (H), 13 F1 (F1) and 21 Gyrolando [62.5% Holstein 37.5% Gyr, (GH)] heifers, that were inseminated (AI) between February 2014 and June 2015 at a dairy farm located in the central area of the state of Sinaloa (24° 0' 30" north latitude and 107° 08' 0" west longitude with an elevation of 104 masl) were analyzed. For each heifer, age at the first service (AFS), additional time than expected at first insemination (ATE) and age at first calving (AFC) were calculated; per group, pregnancy rate (PR) and services per conception (SPC) were also calculated. The obtained data was analyzed through analysis of variance and Chi square test ($P \leq 0.05$). AFS, ATE and AFC in H heifers occurred 2.29, 2.79 and 3.03 months later than GH heifers ($P < 0.05$); there was no difference ($P \geq 0.51$) between H and F1, and F1 and GH heifers. SPC (1.22) and PR at first AI (66.67%), second AI (82.86%), third AI (82.86%) and fourth AI (86.67%) were similar among all racial groups ($P \geq 0.05$); PR per racial group was 86.76, 78.57 and 91.30% for H, F1 and GH ($P \geq 0.05$). In dairy farm rearing conditions, 5/8 (GH) heifers had a lower age at first service and age at first calving, however pregnancy rate was similar between Holstein, F1 and $\frac{5}{8}$ Holstein $\frac{3}{8}$ Gyr heifers.

Key words: Age at first service, age at first calving, crossbred, heifers

I. INTRODUCCIÓN

La seguridad alimentaria de casi mil millones de personas en el mundo depende de la agricultura, así mismo, la producción ganadera contribuye aproximadamente con el 30% de la proteína generada a nivel mundial (FAO, 2011). La mayoría de la población de animales domésticos y humana se encuentra en regiones como Asia, América y África donde la estación del año influyen adversamente la productividad debido a factores climatológicos que tienen impacto en el comportamiento de factores medibles de animales lecheros como crecimiento, reproducción y lactación (Collier, 2006; Robinson *et al.*, 2014).

La vaca lechera es particularmente susceptible a los efectos del calor, sobre todo las vacas multíparas o aquellas que se encuentran en alta producción. Por lo cual el ganado lechero es particularmente afectado por las condiciones climáticas en las regiones tropicales, como consecuencia de la elevada temperatura del aire, la alta humedad relativa, el movimiento del aire y la radiación solar (Armstrong, 1994). Britt (1975) considera a la eficiencia reproductiva como el principal factor contribuyente en la rentabilidad general de la empresa lechera. La mayoría del ganado en el trópico pertenece al tipo cebú (*Bos indicus*), que está bien adaptado a las condiciones medioambientales prevalentes (Cunningham y Syrstad, 1987). La selección natural ha provisto al ganado cebú con un alto grado de tolerancia al estrés calórico y resistencia a enfermedades, sin embargo, producen de 5 a 7 litros de leche por día y alcanzan la madurez sexual entre los 22 a 36 meses de edad (Nogueira, 2004, Ruiz-Cortez *et al.*, 1999). Una estrategia utilizada ampliamente para mejorar el potencial del ganado en el trópico ha sido la importación de animales de climas templados; por ello, el cruzamiento de razas es una herramienta importante para productores de leche en regiones tropicales. Cruzar animales en la mayoría de los casos ha llevado a un incremento de 2.4 veces en la productividad de la primera generación (F1), no obstante, los siguientes cruzamientos con toros exóticos han resultado en problemas por falta de adaptación (Cunningham y Syrstad, 1987; Galukande *et al.*, 2013). Mantener la edad al primer parto cercana a 2 años reduce el costo de desarrollar reemplazos, pero requiere de buen manejo. Para lograrlo se requiere que una vaquilla tenga un

crecimiento adecuado para asegurar un peso de 590 a 635 kg, que es el peso adecuado al parto. La edad al primer parto, tasa de crecimiento y peso al primer parto están correlacionados, por ello influyen en el comportamiento futuro de la vaca (Le Cozleret *al.*, 2008).

Con base en lo anterior, el objetivo del estudio fue determinar el comportamiento reproductivo de vaquillas Holstein y Holstein-Gyr desarrolladas en estabulación en trópico seco.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Según proyecciones publicadas por la FAO (2006), para el año 2020 la producción ganadera mundial representará aproximadamente 43% del valor total de la producción agropecuaria. Debido a que la ingesta proteica en el mundo se ve influenciada por el poder de compra de los consumidores, regiones como la africana solo incluyen en su dieta 17% de proteína de origen animal, mientras que en los países altamente desarrollados la proporción es superior, llegando a ser del 78 al 98% del total del consumo (FAO, 2011).

2.1 Leche

Definición: “Se entiende por leche natural la secreción mamaria normal de animales lecheros obtenida a partir de uno o más ordeños sin ningún tipo de adición o extracción, destinada al consumo en forma de leche líquida o a elaboración ulterior; deben añadirse, una o más palabras que indiquen el animal o, en el caso de una mezcla, todos los animales de los cuales procede la leche, salvo que su omisión no induzca a error al Consumidor” (FAO, 2013).

La leche como proteína de origen animal y sus productos fermentados han sido utilizados desde el séptimo siglo A.C. (Evershed *et al.*, 2008). En las últimas décadas las innovaciones tecnológicas han llevado a la producción de una gran variedad de productos lácteos algunos de los cuales se les retiran componentes como grasa y lactosa, a otros se le ha fortificado con componentes como hierro y vitaminas. Los procesos industriales que alteran la composición nutrimental pueden no mejorar el perfil nutritivo. Por ejemplo, los alimentos bajos en grasa típicamente compensan la reducción de grasa al incrementar el contenido de carbohidratos, como resultado los alimentos derivados de la leche pueden tener las mismas calorías por servida que los alimentos de leche que no están etiquetados como bajo en grasa y pueden contener un mayor contenido de azúcar (Wansink y Chandon, 2006). La grasa de la leche es muy compleja, consiste en un gran número de ácidos grasos y otras moléculas de lípidos que tienen diversos efectos sobre la salud humana. Por ejemplo, la leche de vaca contiene

aproximadamente 3.3 g de grasa/100g. Esta se compone principalmente de triacilglicérolos, que se componen de ácidos grasos de varias longitudes (4 a 24 átomos de carbono) y niveles de saturación. Más de 400 ácidos grasos han sido identificados en la grasa de leche (Yassir *et al.*, 2010). Además, la leche entera contiene aproximadamente 1.9 g de ácidos grasos saturados/100g (Elgersma *et al.*, 2006). El ácido graso monoinsaturado (MUFA) ácido oleico es el ácido graso insaturado que más abunda en la leche, la leche entera también contiene aproximadamente 0.2g de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA, por siglas en inglés) /100g (Haug *et al.*, 2007). Las principales proteínas de la leche son caseína y proteínas del suero de leche, la caseína (α , β y κ) representan aproximadamente el 78% de la proteína de la leche de vaca y las proteínas del suero representan alrededor del 17% de la proteína total. Las principales proteínas de suero son β -lactoglobulina, α -lactoalbúmina, albúmina sérica, inmunoglobulinas y glicomacropéptidos, las proteínas menores incluyen lactoferrina, factor de crecimiento parecido a insulina (IGF) y el sistema de lactoperoxidasa (Król *et al.*, 2010). Se considera que la leche es una excelente fuente de aminoácidos esenciales para la nutrición, el crecimiento y el desarrollo humano (Kanwar *et al.*, 2009). Las proteínas de la leche tienen una alta puntuación de digestibilidad de aminoácidos y la fracción de proteína contiene péptidos y otros factores bioactivos que pueden tener efectos específicos sobre el crecimiento y la recuperación de la desnutrición (Michaelsen *et al.*, 2011). El impacto de la ingesta de proteína de la leche en la composición corporal no ha sido totalmente dilucidado, en particular en diferentes etapas de la vida. La lactosa, un disacárido formado a partir de la glucosa y la galactosa, es el carbohidrato principal de la leche. La leche de vaca contiene aproximadamente 5 g de lactosa/100g (Zhang *et al.*, 2010). Además de proporcionar energía, la lactosa (junto con oligosacáridos de la leche) apoya el crecimiento, ayuda en el ablandamiento de las heces y mejora la absorción de agua, sodio y calcio (Hernández-Ledesma *et al.*, 2011). Además de las vacas, otro tipo de ganado provee productos lácteos para consumo humano esto incluye a animales como búfalo, cabra, ovino, camello, burro, caballo, venado y yak (FAO,

2008). Los primeros cuatro produjeron 11% 2% 1.4% y 0.2% de toda producción mundial de leche en 2011 (Gerosa y Skoet, 2012).

2.2 Producción de leche

2.2.1 Producción mundial.

En el 2011 la población mundial de ganado vacuno fue de $1,500 \times 10^6$ millones de cabezas, de las cuales 33.2% se localizan en Asia, 36.4% en América, 17.5% en África, 10.1% en Europa y 2.7% en Oceanía. El Continente Americano ocupa el primer lugar en importancia junto al Continente Asiático, con un gran potencial de crecimiento. Para 2014 la población de vacas lecheras fue 1376×10^5 , la producción mundial fue de $484,289 \times 10^3$ toneladas, los principales países productores fueron la Unión Europea, India, China, Rusia, Brasil, Nueva Zelanda, México y Argentina. En América latina México, Brasil y Venezuela contabilizan más del 90 por ciento del déficit comercial de lácteos, mientras Argentina y Uruguay tienen el mayor superávit. Por su parte, los Estados Unidos es un país importador de productos lácteos, sus importaciones son quesos de alto valor agregado y sus exportaciones (altamente subsidiadas) son especialmente insumos lácteos como la leche en polvo, (Secretaría de Economía, 2013).

2.2.2 Producción nacional

El rubro más importante de las importaciones de México es la leche en polvo, mediante las cuales se cubren los requerimientos complementarios y de abasto de la industria de leche y derivados lácteos así como del Programa de Abasto Social de Leche de LICONSA (SAGARPA, 2013). En 2014 México ocupó el séptimo lugar mundial en producción de leche con 11,464 millones de toneladas, sin embargo en 2015 obtuvo el cuarto lugar como país importador con 230,000 t, mostrando un aumento del 13% comparado con 2014 que se suma a un aumento de 10% en 2013, lo cual conduce a México a tener un incremento de 23 % entre 2013 y 2015 (USDA, 2015). Según cifras del Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) y de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), durante el

período 2003-2011 la producción nacional de leche de bovino ha tenido una tasa media de crecimiento de 1.3%. La industria de productos lácteos es la tercera actividad más importante dentro de la rama de la industria de alimentos en México, y su crecimiento depende de la disponibilidad de la leche en el país (Secretaría de Economía, 2013). Considerando que la zona con mayor disponibilidad de agua es la tropical, es esta área donde en teoría se debe contar con las mejores condiciones para la producción de leche, pero en la realidad este supuesto no se cumple debido a que la orientación de las explotaciones lecheras es de doble propósito (carne y leche), así como familiar y traspatio (SAGARPA, 2014). Esta circunstancia ha hecho que los niveles de producción desde la década de los 70's (1500 kg por lactancia) sea similar a la de los últimos años (Quiroz-Valiente *et al.*, 2006). Debido a lo anterior y a la insuficiencia en el abasto interno de leche y a la creciente demanda del producto por la población mexicana es necesario buscar alternativas para incrementar el volumen de leche producido (Osorio y Segura, 2008).

2.2.3 Producción estatal y consumo de leche

En el estado de Sinaloa la producción de leche de bovino (Cuadro x) se encuentra principalmente en los municipios de Mazatlán, Culiacán, Guasave y Ahome, con el 23.78, 18.45, 11.91 y 8.72%, respectivamente (SIAP, 2013).

Según cifras reportadas por el SIAP (2014) la producción de leche en Sinaloa disminuyó entre 2011 y 2013 en 5.66%, y se observa que los estados de Sonora y Nayarit tuvieron una tendencia similar.

Para Sinaloa el INEGI (2015) reporta 2,966,321 habitantes de los cuales 1,502,236 (50.64%) son mujeres y 1,464,085 (49.36%) son hombres. Ávila-Curiel *et al.*, (1998) estimaron que el consumo de leche en la República Mexicana era en promedio de 125 mL, donde el estado con mayor consumo es Jalisco con 225 mL. Si fueran 125 mL, se requiere ofertar 370,790.13 kg de leche por día, por lo que la producción no cubriría la demanda, por lo tanto se tiene que traer de otros estados o se importa.

2.3 Ganado lechero y fertilidad

La fertilidad en vacas lecheras a nivel mundial ha disminuido en las últimas cinco décadas a como la producción de leche por vaca ha aumentado, de aproximadamente 65% en 1951 a 40% en 1996 (Lucy, 2001).

Cuadro 1. Producción de leche de bovino en Sinaloa por municipio en 2013.

Municipio	Producción, kg	%
Ahome	8,165.41	8.72
Choix	2,557.08	2.73
El Fuerte	4,128.12	4.41
Guasave	11,150.16	11.91
Sinaloa	3,702.49	3.95
Angostura	2,867.30	3.06
Mocorito	2,954.00	3.15
Salvador Alvarado	3,052.30	3.26
Badiraguato	1,003.61	1.07
Culiacán	17,281.57	18.45
Navolato	6,008.46	6.42
Cosalá	609.89	0.65
Elota	2,494.33	2.66
San Ignacio	2,530.83	2.70
Concordia	896.89	0.96
Escuinapa	1,037.24	1.11
Mazatlán	22,264.67	23.78
Rosario	940.40	1.00
Total	93,644.76	100.00

Además el tiempo y esfuerzo que se requieren para realizar la detección de celos han afectado los parámetros reproductivos de los hatos lecheros (Butler, 2000). Se han propuesto muchas hipótesis para explicar este fenómeno, incluidas cuestiones genéticas, la fisiología, la nutrición y manejo, estos factores han sido

investigados a nivel de animales, órganos y células, y además en momentos críticos de la vida productiva de vacas lecheras. La fertilidad es una característica multifactorial y su deterioro es causado por una red de factores genéticos, ambientales y de manejo y sus complejas interacciones hacen difícil determinar la razón exacta de esta disminución (Walsh, 2011). Esta disminución ha ocurrido en los países y regiones que operan diversos sistemas de producción, desde hatos con partos continuos hasta los hatos con partos estacionales (Lucy, 2001; Dillon *et al.*, 2006; Macdonald *et al.*, 2008). La eficiencia reproductiva es de alta prioridad en todos los sistemas pero se considera que es mucho más importante en sistemas con partos estacionales debido a que la oportunidad que una vaca tiene de parir y quedar preñada está limitada por el tiempo (Dillon *et al.*, 2006).

2.4 Estrés calórico en la vaca lechera

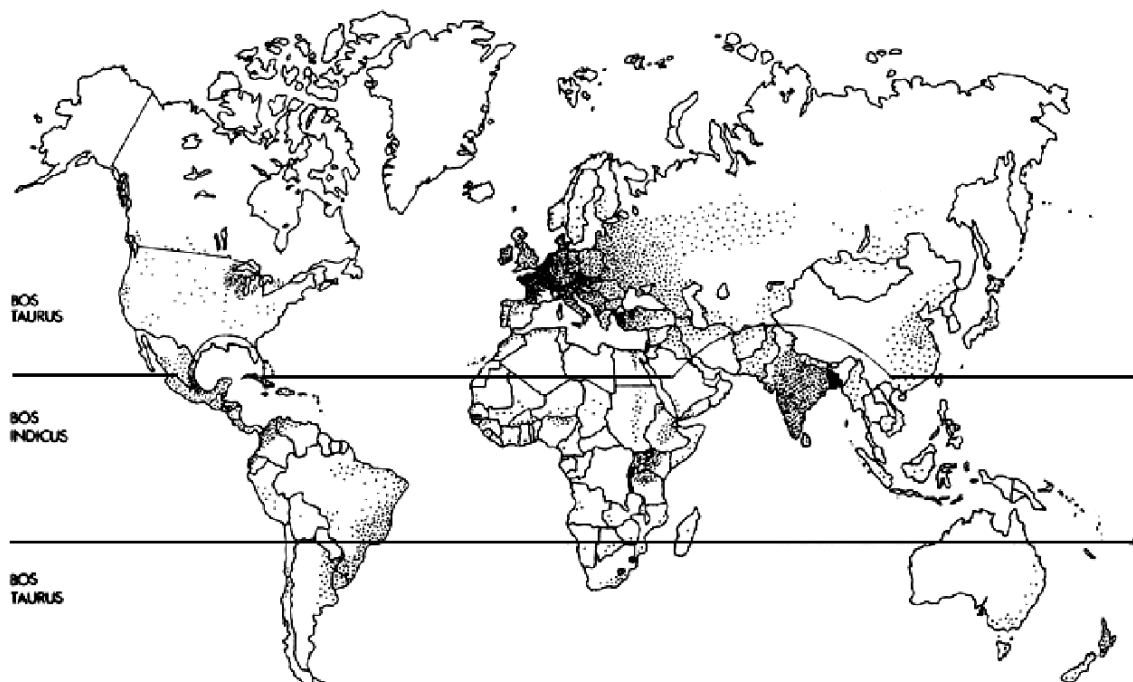
La mayoría de la población de animales domésticos y humana está en regiones donde la estación del año influyen adversamente la productividad debido a factores climatológicos que tienen impacto en el comportamiento y factores medibles de animales lecheros como crecimiento, reproducción y lactación (Collier, 2006). Los bovinos requieren mantener relativamente constante su temperatura corporal a pesar de las fluctuaciones que pueda imponer el medio ambiente (Shearer y Bray, 1995). Debido a que los efectos adversos de las altas temperaturas en regiones templadas y tropicales sobre los procesos reproductivos de ganado lechero han sido bien documentadas (Mellado *et al.*, 2012), se ha concluido que la reproducción es muy sensible a la hipertermia, las consecuencias más pronunciadas asociadas a este factor son una reducción en la cantidad y calidad de espermias producidas en el macho y una disminución en fertilidad en las hembras (Hansen *et al.*, 2001). Un factor que afecta a las vacas lecheras en lactación es que generan una gran cantidad de calor metabólico y acumulan calor adicional de la energía radiada (Sunil-Kumar *et al.*, 2011). La producción de calor combinado con una capacidad comprometida para enfriarse debido a condiciones ambientales, hace que la carga de calor en la vaca aumente, lo cual la puede llegar hasta el punto que aumenta la temperatura corporal, disminuye el consumo y finalmente la productividad de la vaca disminuye (De Vries, 2004). Durante

períodos de estrés calórico, las vacas lactantes tienen apetito reducido y una mayor pérdida de masa corporal en comparación con vacas que no sufren estrés por calor (Shehab-El-Deen *et al.*, 2010). Estos cambios, junto con una disminución en el diámetro del folículo dominante, aunado a un balance energético negativo en vacas afectadas por calor, vuelven la meta de conseguir una alta eficiencia reproductiva en los climas subtropicales y tropicales un reto mayor (Walsh, 2011). Se ha reconocido que la producción de leche en los ecosistemas tropicales han sido un continuo desafío técnico por las difíciles condiciones medioambientales, sanitarias y la poca rusticidad de las razas especializadas (Motta-Delgado *et al.*, 2012). El ganado productor de leche es particularmente afectado por las condiciones climáticas imperantes en las regiones tropicales, como consecuencia de la elevada temperatura del aire, la alta humedad relativa, el movimiento del aire y la radiación solar (Armstrong, 1994). En Latinoamérica la mayoría de la leche producida proviene de operaciones lecheras extensivas. En estas áreas la cantidad de carga calórica es una de las principales causas de problemas de salud del ganado (Pech-Martinez *et al.*, 2007), de la disminución en la ingesta de alimento (Blackshaw y Blackshaw, 1994), la reducida capacidad reproductiva (Morton *et al.*, 2007) y el aumento de mortalidad (Riley *et al.*, 2007), todo esto lleva a una reducción en ganancias en estas operaciones lecheras (Mellado *et al.*, 2011). Por lo anterior, los hatos lecheros pueden perder de 5 a 10% del potencial productivo (Yabuta, 2001), sobre todo cuando el índice temperatura-humedad (ITH) excede a 72 unidades (Ravagnolo *et al.*, 2000). Es importante encaminar los esfuerzos para lograr la mayor eficiencia reproductiva posible, ya que, de ello depende en gran parte el éxito económico de la explotación lechera. Por esta razón Britt (1975) considera a la eficiencia reproductiva como el principal factor contribuyente en la rentabilidad general de la empresa lechera.

2.5 Razas cebú y estrés calórico

A través de la selección del hombre y la naturaleza se han desarrollado razas *Bos indicus* con reputación de carácter lechero bien establecido y a través de programas de cruzamientos con genotipos de *Bos taurus* se han establecido

razas sintéticas en países tropicales y subtropicales (Abeygunawardena, 2004). El ganado bovino de razas cebuinas comparado con las razas europeas presentan en respuesta al estrés calórico, menor disminución del consumo de alimento, tasa de crecimiento, producción de leche y función reproductiva (Barros *et al.*, 2006). Sin embargo, la presencia de lactancias cortas es una característica común de ganado cebú, lo que representan un problema importante para la producción de leche en el trópico (Faco *et al.*, 2002; Peroto *et al.*, 2010). La alta tolerancia al calor de ganado cebú en relación con vacas Holstein se logra en parte a que tienen un requerimiento de mantenimiento más bajo, que a su vez se correlaciona con una menor tasa metabólica, y, como consecuencia, su potencial genético para lactancias prolongados es mucho menor que el de vacas de razas Europeas (Abeygunawardena y Dematawewa, 2004). Aunque se sabe que el ganado Cebú es menos fértil y tiene menor nivel de producción de leche que las razas *Bos taurus*, su mejor adaptación a las condiciones ambientales las vuelve más propensas a reproducirse con éxito en las regiones tropicales (Hansen, 2004). La resistencia a la alta temperatura y la humedad en las regiones tropicales y subtropicales (Figura 1) se ha asociado a su capacidad de disipar mejor el calor, aunado a su capacidad para digerir forrajes de baja calidad (Cunningham y Syrtad, 1987). Estas características hacen que las razas cebú estén bien adaptadas a los sistemas de cría y manejo extensivo (Silanikove, 2000).



Tomado de Cunningham y Syrtad (1987).

Figura 1 Distribución mundial del ganado *Bos indicus*.

2.6 Estudios de cruzamientos realizados en el trópico mexicano

La mayoría de los estudios publicados sobre el ganado cruzado en los trópicos de América se ha obtenido en condiciones extensivas. Por lo tanto, existe escasa información sobre genotipos lecheros aptos para ser utilizados en las operaciones de producción lechera intensiva en estas zonas. Por ello, es necesaria más información sobre el rendimiento de los animales híbridos para las operaciones de producción lechera intensiva en zonas con carga de calor intensas (Mellado, 2011). Sin embargo, la falta de datos de comportamiento productivo como desarrollo o producción de leche de estos cruzamientos, comparado con las vacas de razas puras que son mantenidas en ambientes y manejo de los animales en producción de leche, similares, han hecho que evaluar su comportamiento sea difícil. Además, debido a la falta de selección genética y al número reducido de animales criados en las regiones donde estas estrategias de cruzamiento se aplican, sugiere que los datos existentes como, el crecimiento de las crías,

momento de la pubertad y la producción de leche puede no reflejar el verdadero potencial de algunas vacas lecheras cruzadas (Schmidt, 2006).

La producción de leche en las zonas tropicales en México es llevada a cabo por pequeños productores de bajos ingresos (Quiroz *et al.*, 2015).

Por ejemplo, en la región de Chiapas, México el 80% de la ganadería de doble propósito es de baja tecnología como en la mayoría de los países Latinoamericanos y del Caribe, con cruzamientos indiscriminados y no registrados o evaluados y donde el 24% de los productores consideran a esta actividad como un negocio familiar heredado de sus padres (Díaz-Rivera *et al.*, 2011). En este caso, las vacas F1 Holstein x Cebú han demostrado ser la mejor opción (Quiroz-Valiente *et al.*, 1994; Quiroz-Valiente *et al.*, 2006; Román *et al.*, 2006); sin embargo, la producción de leche no es sostenible pues no se pueden generar reemplazos a partir del mismo genotipo y por lo tanto cuando las crías F1 resultantes son cruzadas con *Bos taurus*, se pone en riesgo la viabilidad de las crías por lo crítico de las condiciones climáticas y si el apareamiento es con *Bos indicus*, la productividad disminuye (Cunningham y Syrtad, 1987). Esta circunstancia ha hecho que los niveles de producción desde la década de los 70's sea similar al de los últimos años (Quiroz-Valiente *et al.*, 2006).

Debido a esto se ha reportado que a nivel nacional los niveles de producción reportados en las zonas tropicales con diversos genotipos son bajos, alrededor de 1500 kg por lactancia, estas producciones se deben a que en general los animales son manejados en sistemas de doble propósito (Teyer *et al.*, 2003). En estos sistemas la producción de leche tiene un impacto directo en la sostenibilidad y eficiencia productiva (Magaña *et al.*, 2006). Debido a lo anterior y a la insuficiencia en el abasto interno de leche y a la creciente demanda del producto por la población mexicana es necesario buscar alternativas para incrementar el volumen de leche producido (Osorio y Segura, 2008).

2.7 Raza Holstein

La raza Holstein es originaria de la provincia de Schleswig-Holstein en la frontera holandesa alemana, hasta la provincia de Friesland en la parte norte de

Holanda. La población original de esta área variaba considerablemente en color pero para mediados del siglo 19 el patrón característico blanco y negro era predominante (Cunningham y Syrtad, 1987). Las exportaciones sustanciales desde 1860 establecieron a la raza en un gran número de países europeos y Norte América (Holstein USA 2018). Hubo una expansión rápida en el siglo veinte el cual condujo a que las vacas del tipo Holstein-Friesian sean una tercera parte de todas las vacas lecheras en el mundo, la raza lechera dominante en Europa y Norte América, esta raza tiene su primer parto entre los 23 y 26 meses y alcanzan producciones promedio de 33 a 34 en Estados Unidos (Holstein USA).

Existen diferencias significativas entre poblaciones nacionales que han sido medidas en estudios de gran magnitud con financiamiento de la FAO estos estudios incluyen los de Zarnecki *et al.* (1990) quienes indican que los tipos norteamericanos tenían 15% mayor capacidad de producción, aunque con menor nivel de proteína y grasa. En otro estudio financiado por el mismo organismo mundial, Stolzman *et al.* (1988) indican que las vacas norteamericanas tenían 6% más peso corporal que las europeas además el tipo europeo tenían mejor potencial para producir carne medidas en conformación de la canal y proporción músculo/hueso, ambos estudios también anotaron que las Holstein-Friesian Neozelandeses tienen menor peso y mayor porcentaje de grasa en leche y menor producción comparada con las norteamericanas. Debido a que la mayoría de las poblaciones europeas han estado utilizando material genético de Estados Unidos y Canadá en los últimos años las diferencias entre estas poblaciones han casi desaparecido.

Debido a que la Holstein es la raza predominante en la mayoría de los países, se beneficia de las grandes inversiones en pruebas y selección que se llevan a cabo y en muchos países la tasa anual de mejoramiento genético para producción de leche es cercana al uno por ciento (Cunningham y Syrtad, 1987).

En el trópico la producción promedio a 305 días de lactación de vacas Holstein puras es de 9.7 a 17.76 kg lo cual está muy por debajo de los valores obtenidos en las operaciones de producción lechera intensiva en climas templados con veranos calientes (Ray *et al.*, 1992; Mellado *et al.*, 2011; Carvajal *et al.*, 2002),

lo que indica que las vacas Holstein puras no expresaron su pleno potencial genético. Esto se explica por el hecho de que las vacas Holstein tienen un mecanismo pobre para mantener la neutralidad térmica dentro de límites muy estrechos. Un aumento relativamente pequeño en la temperatura corporal de esta raza de ganado resulta en una reducción en el consumo de alimento (Wheelock *et al.*, 2010; O'Brien *et al.*, 2010) como una estrategia para lograr el equilibrio térmico, así como el estado endocrino alterado (Igono *et al.*, 1988), reducción en la rumia y la absorción de nutrientes (O'Brien *et al.*, 2010), el aumento de requerimientos nutrimentales para mantenimiento (Collier *et al.*, 2006) y la alteración del metabolismo del tejido mamario (Silanikove *et al.*, 2000), resultando en una disminución neta de la disponibilidad de nutrientes y energía para la producción de leche.

2.8 Raza Gyr

La raza Gyr es originaria de la península de Kathiawar en la India, región de clima muy cálido y suelos pobres es considerada una de las razas más antiguas de la India con más de 12,000 años (Santana Jr. *et al.*, 2014). La mayoría de las razas de la India son criadas para producir leche y como animales de tiro el Gyr combina buena habilidad de tiro con aceptable producción de leche (Cunningham y Syrtad, 1987) Animales de esta raza se exportaron a centro y Sudamérica para utilizarlos en la producción de carne y leche en estas regiones (Guimaraes *et al.*, 2002; Madalena *et al.*, 1990; Da glorias *et al.* 2012). Donde el esta raza en particular ha sido considerada como una de las más lecheras dentro de las razas cebú (Quiroz, 2014). Sus crías nacen con bajo peso (22 a 25 kg), por lo que existen pocos problemas al parto, la habilidad materna caracteriza a la raza, lográndose altas tasas al destete. Los toros maduros llegan a pesar 750 kg a los 5 años y las hembras adultas pueden alcanzar un peso de 450 kg entre los 3 y 4 años (AMCC, 2017). En Brasil hace más de 40 años se han seleccionado linajes lecheros con alta producción (ABCZ, 2013). En cruzamientos con el Cebú-Suizo y el Cebú-Holstein da buenos resultados en el doble propósito (Quiroz 2014). Debido a ello de las razas con giba de Sudamérica, el Gyr brasileño es utilizado

más que cualquier otro para producción de leche (Payne y Hodges, 1997). En un estudio en México, Quiroz-Valiente (2006) reporta una producción promedio de 3366.5 L y una edad al primer parto de 55 meses.

2.9 Raza Girolando

La raza Girolando se creó con el objetivo de formar una raza que pudiera producir de modo sustentable en las regiones tropicales y subtropicales. Su fundamento reside en el cruce de las razas Holstein (HOL) y Gyr (G), pasando por varios grados composición racial desde $\frac{1}{4}$ HOL + $\frac{3}{4}$ G (Figura 2) hasta $\frac{7}{8}$ HOL + $\frac{1}{8}$ G (Guimaraes *et al.*, 2002). Sin embargo, la orientación de los apareamientos busca fijar el estándar racial en el grado $\frac{5}{8}$ HOL + $\frac{3}{8}$ G para obtener un ganado productivo y estándar que atienda a las necesidades de los productores de leche (Madalena 2000). Los animales que resultan del apareamiento entre individuos $\frac{5}{8}$ HOL + $\frac{3}{8}$ G se consideran como Puros Sintéticos de la Raza Girolando (Barbosa da silva, 2014). Actualmente en Brasil se consolida la formación de la raza Girolando la cual reporta en sus primeras estirpes una productividad media de 3500 kg por lactancia ajustada a 305 días, aunque la duración media de esta es de 280 días (Riveiro da gloria, 2012). La longevidad demostrada es de más de 10 años y existen animales que individualmente han rebasado los 5000 kg por lactancia (Madalena, 2002).

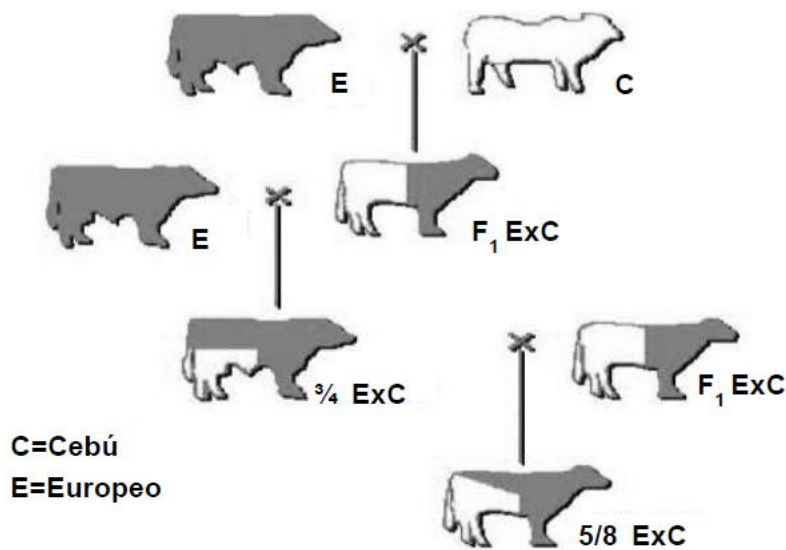


Figura 2. Esquema para generar animales 3/4 y 5/8 Europeo x Cebú.

Tomado de Ponce *et al.* (2009).

2.10 Cruzamiento de razas orientado a la producción de leche

La mayoría del ganado en el trópico pertenece al tipo cebú (*Bos indicus*), este ganado está bien adaptado a las condiciones medioambientales prevalentes. Sin embargo su potencial lechero está pobremente desarrollado y alcanzan la madurez sexual más tarde (Ruiz-Cortez *et al.*, 1999). Para disminuir algunos factores adversos se han utilizado animales con composición genética orientada a producción de leche como Holstein, Pardo Suizo, Jersey y Ayrshire, esta estrategia genética es considerada como una herramienta de probada eficacia y de amplia utilización en los sistemas en producción de leche en las regiones tropicales de Latinoamérica (Blake, 2004; Tewolde, 1997). La posibilidad de cruzar diferentes razas es una herramienta importante para productores de leche en regiones tropicales (Mellado 2011). Además del incremento en características de comportamiento de valor económico, está la combinación que promueve las ventajas de ambas razas como productividad y adaptabilidad a condiciones ambientales (Bossi, 2015). Debido a estos factores una estrategia utilizada ampliamente para mejorar el potencial del ganado en el trópico ha sido la importación de animales de climas templados, que es exitoso sólo en lugares

donde el estrés calórico es moderado. Por tal razón, cruzar animales en la mayoría de los casos ha llevado a un incremento en la productividad en la primera generación F1 (7.5 a 8.9 litros diarios de aumento), no obstante, los siguientes cruzamientos con toros de origen europeos han resultado en problemas por falta de adaptación (Cunningham y Syrstad, 1987). Al hacer cruzamientos se incorporan la adaptación ambiental de ganado Cebú y la productividad del *Bos taurus* (Negussie *et al.*, 1999) y muestran un alto grado de vigor híbrido. El efecto aditivo se puede ver en la edad a la primera ovulación, que se reduce de 22 a 15 meses en Cebú cruzado con ganado *Bos taurus* (Galina y Arthur, 1989). Al igual que en razas europeas la inseminación artificial es la biotecnología más eficiente para acelerar el mejoramiento genético de razas Cebú, sin embargo la detección de estro la cual requiere tiempo y personal entrenado es un factor que limita el uso diseminado de ella (Bó, 2003). La falta de datos de comportamiento productivo como desarrollo o producción de leche de cruzamientos, comparado con las vacas de razas puras mantenidas bajo los mismos manejos productivos y ambientes han hecho que evaluar totalmente su comportamiento sea difícil (Zarate-Martinez *et al.*, 2010). Además, la falta de selección genética y un nivel reducido de animales criados en las regiones donde estas estrategias de cruzamiento se aplican sugiere que los datos existentes como, el crecimiento de las crías, el momento de la pubertad y la producción de leche puede no reflejar el verdadero potencial de algunas vacas lecheras cruzadas (Schmidt, 2006). En sistemas de producción donde la base genética está constituida por animales híbridos se debe considerar no sólo la producción total ajustada a los 305 días, sino que también debe ponderarse el peso vivo del animal, la fertilidad y duración de los periodos de lactancia ya que todos estos factores en conjunto permiten valorar el grado de adaptación que tienen los animales a las condiciones tropicales y la eficiencia biológica y económica de los sistemas (Madalena, 2002; Tewolde, 1997).

Hembras cruzadas $\frac{1}{2}$ Chianina $\frac{1}{2}$ Cebú mostraron mayor precocidad y tenían mayor potencial de crecimiento que los animales $\frac{3}{4}$ Cebú $\frac{1}{4}$ Chianina (Silva y Pereira, 1986). El aumento de la proporción de genes *Bos indicus* en la cruce fue acompañado por una disminución en la productividad como tasas de destete en

vaquillas mantenidas en un clima subtropical (Rocha y Lobato, 2002). (aquí boy) En Argentina se comparó el ganado de raza pura contra cruzadas y la pubertad se alcanzó más temprano en los animales cruzados (Mezzadra *et al.*, 1993). Por ello las razas cebú tienen un papel fundamental en la ganadería tropical del mundo (Green, *et al.*, 1991).

2.11 Heterosis

El término heterosis fue introducido por Shull (1952), y lo definió como: “la interpretación del incremento en vigor, tamaño, productividad, velocidad de desarrollo, resistencia a enfermedades y a pestes de insectos, o a rigores climáticos de todo tipo, manifestado por organismos cruzados comparados con los correspondientes consanguíneos, o como resultado específico de diferentes gametos parentales en su constitución”. A los grupos de dónde proceden los padres, Riday y Brummer (2000). Cabe señalar que es posible que exista heterosis para una característica y sin embargo, el rendimiento promedio de una de las líneas/razas parentales para dicha característica sea mayor que la media de los híbridos F1. La heterosis de los parientes medios “*midparent heterosis*” o “heterosis teórica” llamada así por Petrovic *et al.* (2001), es la diferencia entre el híbrido y la media de los dos padres, es expresada como un porcentaje, aunque desde el punto de vista de la genética cuantitativa; el porcentaje de heterosis de los parientes medios es difícil de interpretar, ya que el concepto es bastante genérico, porque no se refiere a la arquitectura genética de los padres cruzados para producir los híbridos, mientras que el concepto de heterosis de línea híbrida consanguínea, es calculado relativo a la media de dos líneas consanguíneas (Falconer y Mackay, 1996). Además, la presencia de heterosis teórica no necesariamente tiene una ventaja económica, ya que el híbrido puede estar abajo del mejor padre (Emmerson *et al.*, 1991), por ello, otra forma de estimar la cantidad de heterosis, es la conocida como porcentaje de heterosis del mejor padre (Riday y Brummer, 2000), o “heterosis real”, expresada como la superioridad de la generación F1 en porcentaje en comparación con el mejor padre. Existen dos aspectos fisiológicos que se han propuesto para explicar la

heterosis: primero, el ocasionado por la fusión de dos gametos haploides, genéticamente diferentes, que originan un cigoto heterocigoto y un citoplasma desbalanceado; el segundo plantea que el embrión híbrido es de mayor tamaño que el embrión de cualquier progenitor, y que esta ventaja inicial se conservaba hasta el final, aunque está demostrado que embriones que no mostraron ventaja inicial, cuando nacieron manifestaron heterosis (Guzmán, 1996). Con relación a la base genética, las dos principales causas son la dominancia (parcial y completa), y las diferencias en las frecuencias alélicas entre las poblaciones a ser cruzadas (Riday y Brummer, 2000), además de la dominancia, Guzmán (1996), menciona a la sobredominancia y la epistasis. La magnitud de la heterosis puede ser influenciada por el medio ambiente, la edad del ave, los esquemas de selección (Fairfull, 1990), densidad de población y las prácticas de manejo (Fairfull *et al.*, 1983). Algunos animales F1 pueden no mostrar heterosis para alguna característica en una crucea.

El vigor híbrido se caracteriza mejor en el maíz. La posibilidad de aprovechar el vigor híbrido en el maíz parece haber sido primero documentado por Beal (1876), la producción comercial de maíz híbrido revolucionó la agricultura (Troyer, 2009), el vigor híbrido resulta en un rendimiento mayor que el doble del promedio de los padres (es decir, los resultados en aumento de más del 100% en el rendimiento). En el ganado, los beneficios del vigor híbrido son significativos, pero no grandes como los de maíz, principalmente porque las líneas parentales son sólo parcialmente consanguíneas (en comparación con líneas parentales del maíz, que son, en efecto, el 100% consanguíneas) (Nicholas *et al.*, 2016). En el ganado bovino para producción de carne, el vigor híbrido oscila alrededor de 1% para clasificación de la canal a alrededor del 6% para ganancia de peso post destete (Long, 1980; Williams *et al.*, 2010). Los valores del vigor híbrido es similar en el ganado lechero, que van desde alrededor de 2 a 4% para la producción de leche, grasa, proteína y para la respuesta al tratamiento de enfermedades reproductivas, hasta alrededor de 10 a 15% para fertilidad y longevidad (Buckley *et al.*, 2014; Sørensen *et al.*, 2008; Van Raden y Sanders, 2003).

Cuatro generalizaciones surgen del escrutinio de la literatura sobre vigor híbrido en ganado (Nicholas *et al.*, 2016). En primer lugar, cuanto menor es la heredabilidad de una característica, mayor es el vigor híbrido esperado. Dado que las características de aptitud tienden a tener baja heredabilidad, el vigor híbrido tiende a ser mayor en las características más estrechamente asociados con la aptitud (es decir, la reproducción y la viabilidad). En segundo lugar, cuanto mayor es la diversidad genética entre las poblaciones parentales, mayor es el vigor híbrido esperado en cruces entre ellos (Nicholas, 2010). La expectativa teórica es que cuanto mayor sea la diferencia en las frecuencias génicas entre las dos poblaciones que se van a cruzar, mayor es el vigor híbrido en las crías F1. La evidencia convincente para apoyar esta expectativa incluyen la comparación entre la media del vigor híbrido en los cruzamientos de líneas consanguíneas de maíz (que tiene la máxima diferencia en la frecuencia de alelos entre líneas en una gran proporción de loci, mayormente aquellos para los que son homocigóticos en alelos diferentes) y de razas de ganado (que tienen diferencia mucho más pequeña en la frecuencia de alelos en muchos loci, mayormente los loci en los que los mismos alelos están segregando en más de una raza); y la evidencia en las gallinas de gran heterosis en los cruces entre las razas más genéticamente divergentes. Estrictamente hablando, este principio se aplica a la diversidad genética de sólo los loci que contribuyen a la variación en la característica de interés. En la práctica, las estimaciones genómicas de la diversidad genética son un indicador muy útil. En tercer lugar, el cruzar de híbridos disipa vigor híbrido. Por ejemplo, se espera que la descendencia de dos animales F1 tendrá sólo la mitad del vigor híbrido de los animales F1 (Nicholas, 2010). En otras palabras, para cualquier característica, el rendimiento promedio esperado de la descendencia de dos animales F1 es la mitad del rendimiento promedio esperado de los animales F1 y por lo tanto este es el promedio del rendimiento de las dos poblaciones parentales. En cuarto lugar, entre más consanguíneos los padres, mayor es el vigor híbrido en su descendencia cruzada, (Nicholas, 2010). Esto está bien ilustrado por la gran diferencia en el nivel de vigor híbrido resumido anteriormente para el maíz (más de

100%) y ganado (menos de 25%, y a menudo menos de 10%) (Nicholas *et al.*, 2016)

Con relación a la consanguinidad, el coeficiente de consanguinidad (F) de un individuo es la probabilidad de que dos segmentos de ADN presente en el sitio en un par de cromosomas en ese individuo son idénticos por descendencia (Nicholas 2010). Se puede calcular como la mitad de la relación entre los padres del individuo. Las líneas consanguíneas usadas en la cría de híbridos F1 en el maíz son, en esencia, totalmente consanguíneas, es decir, tienen un F de alrededor de uno (Lippman, 2006). Por el contrario, los resultados de análisis de pedigrís sugieren que los coeficientes de consanguinidad promedio de líneas parentales utilizadas en la producción de híbridos de ganado son mucho más cerca de cero que a 1 (Nicholas *et al.*, 2016). La media de F en razas de cerdos varía de 0.01 en Pietrain Checos (Krupa *et al.*, 2015) a 0.18 en los Landrace de Estados Unidos (Welsh *et al.*, 2010); la media de F en razas de ovejas varía de 0.01 en Navajo-Churro (Maiwashe y Blackburn, 2004) a 0.08 en Irán Negro (Mokhtari *et al.*, 2014.); en razas de ganado la media de F oscila entre 0.01 para Pardo Suizo (Worede *et al.*, 2013) hasta 0.03 para el Holstein-Friesian del Reino Unido (Kearney *et al.*, 2004) a 0.08 para las Canadienses (Melka *et al.*, 2013). Es obvio que el ganado está en el otro extremo del espectro de la consanguinidad en comparación con las líneas endogámicas de maíz. Estos promedios de consanguinidad relativamente bajos en las razas de ganado parentales explican por qué las ganancias de vigor híbrido en el ganado rara vez superan el 25%, mientras que las ganancias del vigor híbrido en el maíz por lo general superan el 100% (Nicholas *et al.*, 2016).

2.12 Desarrollo de vaquillas

Las alternativas de manejo que afectan la productividad de por vida y el desempeño reproductivo de vaquillas comienzan al nacer y el período posnatal es importante para la generación de reemplazos suficientes de las vacas que se desechará (Meyer *et al.*, 2001; Berglund, 2008). Se ha demostrado que la edad y la ganancia de peso posdestete afecta la edad a la pubertad en varias razas

(Freetly y Cundiff, 1998; Ferrell, 1982). La decisión de reemplazar una vaca con una vaquilla puede ser compleja. Se consideran varios factores como el comportamiento actual y futuro de la vaca, la disponibilidad de vaquillas de reemplazos, los precios y las metas del productor (Monti *et al.*, 1999). Se ha documentado que desechar una vaca antes o después del tiempo óptimo reduce la rentabilidad (De Lorenzo, 1996), pero no todos los productores toman las mismas decisiones en cuanto al reemplazo de sus vacas (Beaudeau *et al.*, 1996). El retardar el cambio es ventajoso económicamente cuando los costos fijos y el retorno económico por animal son bajos y la estacionalidad es alta (De Vries, 2004). Varias estrategias de manejo han sido diseñadas para garantizar que las vaquillas alcancen un peso óptimo que apoye el desempeño reproductivo óptimo, y se han evaluado las consecuencias de un desarrollo inadecuado o excesivo. Esas estrategias se basan en evidencias que vinculan el desarrollo nutricional pos destete con eventos reproductivos clave que incluyen la edad a la pubertad y edad al primer servicio, la tasa de concepción, la pérdida de preñez, la incidencia y severidad de la distocia, y el intervalo posparto al primer estro (Paterson, 1992). El desarrollo de vaquillas es una de las inversiones más fuertes para todas las operaciones de carne y leche, los costos asociados con el desarrollo de vaquillas no se puede recuperar si no conciben y siguen siendo productivas en el hato (Perry, 2012). Por ello, el desarrollo de vaquillas debe dar como resultado que la mayoría de las vaquillas que van a ser utilizadas para reemplazo deben alcanzar la pubertad al menos 42 días antes del comienzo de la época reproductiva, tomando en cuenta que el porcentaje que concibe al primera servicio es más baja en el celo puberal en comparación con el tercer estro (Byerley *et al.*, 1987; Perry *et al.*, 1991). Debido a que el riesgo de parto distócico es mayor en vaquillas que con vacas adultas, el servir las vaquillas de reemplazo unos ciclos estrales antes que las vacas maduras permite al productor concentrar mano de obra disponible en las vaquillas al momento del parto. Además, el tiempo entre el parto y la reanudación del ciclo es mayor en vaquillas que en las vacas (Short *et al.*, 1990). Por lo tanto, el que las vaquillas paran con un peso de 630 kg antes que las vacas maduras da a las vaquillas el tiempo extra que necesitan para que retornen al

estro y estén ciclando al momento del inicio de la temporada de reproducción (Larson, 2007). Aunque vaquillas Cebú alcanzan la madurez a una edad avanzada de 25 a 29 meses y con una mayor proporción de peso adulto (65%), tienen una mayor longevidad reproductiva en comparación con *Bos taurus* (Aroeira *et al.*, 1977, Cartwright, 1980). La edad a la pubertad es una característica de producción importante en las vaquillas Holstein que se seleccionan para que paren a los 2 años de edad con el fin de aumentar su vida reproductiva sin causar efectos perjudiciales sobre la longevidad o pesos al parto en comparación con las que paren a los 3 años de edad (Tran *et al.*, 1988). La edad estimada a la pubertad (primera ovulación o estro) de Cebú en los trópicos y subtrópicos oscila entre 16 a 40 meses. Comparado con vaquillas *Bos taurus*, que llegan a la pubertad alrededor de 15 meses, (Eler *et al.*, 2002) Esto se atribuye a factores tanto genéticos como ambientales, incluyendo la nutrición, las enfermedades, la temperatura, la humedad y la época de nacimiento (Mukasa-Mugerwa, 1989; Nogueira, 2004; Sartori *et al.*, 2010). A pesar de que las vaquillas Cebú están adaptadas térmicamente, los cambios en la dinámica folicular, expresados como reducida tasa de crecimiento folicular y el aumento de la duración del crecimiento folicular, se asociaron con mayor temperatura corporal durante el verano (Gama-Filho *et al.*, 2002). Por ello las animales necesitan ser enfriados eficientemente durante el verano con el fin de mejorar la fertilidad (Wolfenson *et al.*, 2000). Las altas temperaturas influyen en la edad en la pubertad, ya sea afectando la LH circulante o nivel de prolactina y tasa de crecimiento (Nogueira, 2004). Aunque el ganado bovino no es considerado como estacional, un estudio de *Bos taurus* (Schillo *et al.*, 1983) demostró que la época de nacimiento y la edad a la pubertad influyó en la edad a la primera ovulación en vaquillas. En climas subtropicales, las vaquillas con una gran proporción de genes Cebú mostraron un efecto directo del fotoperiodo sobre la regulación de la actividad ovulatoria pero este efecto estuvo ausente en el ganado *Bos taurus* (Mezzadra *et al.*, 1993). Otro de los factores que determina cuando inician la pubertad y los ciclos estrales en una vaquilla son edad y contenido de grasa corporal, ya que el hipotálamo es programado vía la secreción de leptina del adipocito (Foster y Nagatani, 1999; García *et al.*, 2002).

Usando vaquillas cruzadas, García *et al.*, (2002) encontraron que el peso corporal representó la mayor parte de la variación asociada con el inicio de la pubertad seguido por la contribución de las concentraciones de leptina circulante, que aumentó durante un periodo de 16 semanas antes de la primera ovulación. La pubertad temprana en animales cruzados se puede atribuir a la heterosis incluso cuando se practica la suplementación alimenticia adecuada después del destete (Mezzadra *et al.*, 1993; Marson *et al.*, 2001). Sin embargo, la nutrición, es un factor limitante, porque los híbridos ($\frac{5}{8}$ Charoláis y $\frac{3}{8}$ Cebú) cuando se alimentaron con forraje de baja calidad, llegaron a la pubertad a la misma edad que el ganado Cebú (Alencar *et al.*, 1987). Larson (2007) apunta que en el transcurso de los 80 a 100 días después del parto, una vaquilla debe continuar aumentando en peso alrededor de 0.23 kg al día, mantener una lactación para un becerro, reiniciar el ciclo estral, y concebir una segunda vez, además argumenta que el requerimiento para mantenimiento para vaquillas lactantes es 20% mayor que la de vaquillas no lactantes y los requerimientos para mantenimiento son afectados en gran medida por el potencial de producción de leche.

De acuerdo con la revisión se podría concluir que el desarrollo de ganado lechero en el trópico se ve afectado por varios factores y una de las estrategias para disminuir el efecto de éstos es el cruzamiento de animales *Bos taurus* con *Bos indicus*, sin embargo estas estrategias no han sido exitosas. Aunque se ha evaluado el comportamiento de estos animales la mayoría de esos análisis se han llevado a cabo en otros países y en ganado en pastoreo por lo cual el análisis reproductivo de vaquillas desarrolladas en el ambiente de Sinaloa y en estabulación podría ser importante para el desarrollo de la industria lechera como una alternativa al sistema de producción.

III. HIPÓTESIS

Las vaquillas F1 (Gyr x Holstein) y $\frac{5}{8}$ Holstein $\frac{3}{8}$ Gyr tienen desempeño reproductivo similar al de vaquillas Holstein cuando son desarrolladas en estabulación en ambiente de trópico seco.

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Determinar el desempeño reproductivo de vaquillas Holstein, F1 (Gyr x Holstein) y $\frac{5}{8}$ Holstein $\frac{3}{8}$ Gyr desarrolladas en estabulación en trópico seco.

4.2 Objetivos específicos

1. Determinar la edad a la primera inseminación, tiempo adicional al esperado a la primera inseminación y servicios por concepción en vaquillas Holstein, F1 (Gyr x Holstein) y $\frac{5}{8}$ Holstein $\frac{3}{8}$ Gyr desarrolladas en estabulación en trópico seco.
2. Determinar la tasa de preñez de acuerdo al número de inseminación artificial en vaquillas Holstein, F1 (Gyr x Holstein) y $\frac{5}{8}$ Holstein $\frac{3}{8}$ Gyr desarrolladas en estabulación en trópico seco.

IV. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1 Tipo de estudio, localización del establo y características climáticas de la región

Se realizó un estudio observacional retrospectivo y comparativo a partir de los registros reproductivos de la Unidad de Producción Pecuaria con finalidad zotécnica para producción de leche, ubicada en la sindicatura de El Salado, municipio de Culiacán, Sinaloa (24° 00' 30" latitud norte y 107° 08' 00" longitud oeste), y altitud de 104 msnm. La región se caracteriza por tener un clima BS1 (h') w(w)(e), el cual se define como clima semiseco, muy cálido, con lluvias en verano, según la clasificación de Köppen y modificada por García (1988); con temperatura promedio anual de 25.9 °C, máxima de 30.4 °C en junio y julio, y mínima de 20.6 °C en enero; la humedad relativa promedio es de 68%, con máxima de 81% en septiembre y mínima de 51% en abril; la precipitación anual promedio es de 688.5 mm (CIAPAN, 2002).

4.2 Animales y manejo

Las vaquillas fueron seleccionadas por su talla corporal (TC) independientemente del tipo racial, y se alojaron en un corral de acuerdo a ella.

Las vaquillas se vacunaron al momento del nacimiento contra los virus de la diarrea viral bovina, parainfluenza 3, rinotraqueitis infecciosa bovina, virus sincitial respiratorio, y después, a los tres meses contra brucelosis bovina, pasteurelisis neumónica y clostridiasis. Además, quince días antes del primer servicio, se repitió la inoculación contra todas las enfermedades antes mencionadas con la excepción de la vacuna contra brucelosis bovina.

La alimentación consistió de una ración totalmente mezclada (TMR) consistente en ensilado de Sudán más concentrado, en proporción de 80:20. El concentrado aportó 17% de PC y 1.6 Mcal/kg de ENg; la mezcla alimenticia se proporcionó dos veces al día, a las 9:00 y 17:00 h.

Las hembras se inseminaron artificialmente después de haber sido detectadas en celo mediante la regla am - pm. La detección de celos se realizó mediante observación visual de una hora en tres momentos del día: 8:00 h, 16:00

h y a las 24:00 h, además se utilizó el marcador de la grupa semanal con crayón como método auxiliar en la precisión de la detección de estros. El diagnóstico de gestación se realizó mediante palpación rectal a los 45 días después de la IA.

4.3 Procesamiento de la información de los registros

La información de los registros se colocó en hoja de cálculo de Microsoft Excel para las variables: fecha de nacimiento (FN), composición racial (CR), edad a primer servicio (EPS), fecha de primer servicio (FS1), fecha de segundo servicio (FS2), fecha de tercer servicio (FS3), fecha de cuarto servicio (FS4), ITH al momento de inseminación (ITHS), tipo de celo (natural o inducido), si el celo es inducido horas transcurridas después de la aplicación de prostaglandina a la manifestación de celo (HPGC) este resultado se calculará al sumar las horas transcurridas desde la aplicación de prostaglandina hasta el momento de reporte de celo, raza de toro utilizado en la inseminación artificial (RT), técnico inseminador (T), fecha de primer diagnóstico de preñez (FDX1), fecha de segundo diagnóstico de preñez (FDX2), fecha de tercer diagnóstico de preñez (FDX3), fecha de cuarto diagnóstico de preñez (FDX4), fecha de parto (FP). Con esta información se calcularán las siguientes variables por grupo racial (Holstein, F1, 5/8): tasa de concepción la cual se obtendrá dividiendo la cantidad vaquillas gestantes entre la cantidad de vaquillas inseminadas, porcentaje de preñez al primer servicio, el cual se calculará multiplicando la cantidad de vacas gestantes al primer servicio por 100 entre la cantidad de vaquillas inseminadas, edad al primer servicio (EPS), la cual se obtiene restando la fecha de primera inseminación a la fecha de nacimiento, edad al primer parto (EPP) se obtendrá restando la fecha de parto menos la fecha de nacimiento, porcentaje de fertilidad al primer servicio se calculará al tomando en cuenta el total vaquillas de primer servicio que resultaron preñadas de un servicio entre el número de vaquillas que fueron servidas por primera vez x 100, porcentaje de fertilidad al segundo servicio se calculará tomando en cuenta el total vaquillas de primer servicio que resultaron preñadas de segundo servicio entre el número de vaquillas que fueron servidas por segunda vez por cien, porcentaje de fertilidad al tercer servicio se calculará tomando en cuenta el total vaquillas de tercer servicio que resultaron preñadas entre el número

de vaquillas que fueron servidas por tercera vez por cien, porcentaje de fertilidad al cuarto servicio se calculará tomando en cuenta el total vaquillas de cuarto servicios que resultaron preñadas de cuatro servicios entre el número de vaquillas que fueron servidas por cuarta vez por cien.

4.4 Datos meteorológicos

La temperatura promedio diaria y humedad relativa (HR) se tomaron partir de la estación meteorológica de Costa Rica Culiacán Sinaloa del Instituto Nacional de Investigación Agrícola, Forestal y Pecuaria (INIFAP), con la temperatura y HR se calculó el índice de temperatura y humedad (ITH) utilizando la fórmula $ITH = (0.8 \times Ta) + [(Hra/100) \times (Ta-14.3)] + 46.4$, donde Ta = Temperatura del aire en grados Celsius y Hra = Humedad relativa del aire en porcentaje (Mader *et al.*, 2006). Con los valores de ITH se definieron las siguientes clases: <65, 65-70, 70.1-75, 75.1-80, 80.1-85 y >85 unidades (López *et al.*, 2018).

4.5 Análisis estadístico

Los valores para edad a la primera IA, tiempo adicional al esperado a la primera IA, edad al primer parto, servicios por concepción se probaron por grupo racial (Holstein, F1, $\frac{5}{8}$ Holstein $\frac{3}{8}$ Gyr) con la prueba de Kolmogorov-Smirnov para la normalidad, y prueba de Bartlett para la homogeneidad de las varianzas. Enseguida se realizó análisis de la varianza para el modelo lineal general $y_{ij} = \mu + Cr_i + \varepsilon_{ij}$, donde y_{ij} es la variable dependiente, μ representa el valor de la media general, Cr_i el efecto del componente racial, ε_{ij} el error aleatorio. La comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey.

Los resultados de diagnóstico de preñez por grupo racial en cada IA, se analizaron con la prueba de Ji cuadrada. La asociación del ITH con el diagnóstico de preñez en la primera IA, también se realizó con la prueba de Ji cuadrada.

El nivel de alfa para aceptar diferencia estadística fue de 0.05, y se consideró que cuando la probabilidad fue mayor de 0.05 y hasta 0.10, declarar tendencia hacia la significancia estadística.

Los análisis se realizaron con el paquete Minitab 18 y SAS 9.2.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados para la edad de las vaquillas a la que se inseminaron, tiempo adicional a la edad esperada para inseminarse y los servicios por concepción, se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Estadísticas descriptivas para la edad a la primera inseminación, tiempo adicional al esperado y servicios por concepción de vaquillas Holstein y vaquillas con ½ y 3/8 Gyr.

	Grupo racial		
	Holstein	F1(Gyr x Holstein)	5/8 Holstein 3/8 Gyr
	Edad a la primera inseminación artificial (meses)		
N	66	13	21
Media	29.95 ^a	27.69 ^{ab}	27.66 ^b
Desviación estándar	4.07	1.51	2.72
Mínimo	25.00	24.89	20.06
Máximo	39.90	29.67	31.14
	Tiempo adicional a la edad esperada a la primera inseminación (meses)		
Media	17.95 ^a	15.69 ^{ab}	15.16 ^b
Desviación estándar	4.07	1.51	2.72
Mínimo	13.00	12.87	8.07
Máximo	27.90	17.67	19.14
	Servicios por concepción		
N	58	11	20
Media	1.275	1.090	1.300
Desviación estándar	0.555	0.301	0.571

^{ab} Literales diferentes en renglón indican diferencia estadística($p \leq 0.05$).

Las vaquillas 5/8 Holstein 3/8 Gyr se inseminaron 2.29 meses más temprano que las vaquillas Holstein ($p < 0.05$), pero no se detectó diferencia estadística ($p > 0.05$) entre las vaquillas Holstein y las F1, así como entre las vaquillas F1 y las 5/8 Holstein 3/8 Gyr. El tiempo adicional a la edad esperada a la primera inseminación

para las vaquillas $\frac{5}{8}$ Holstein $\frac{3}{8}$ Gyr fue 2.79 meses menor que en las vaquillas Holstein ($p < 0.05$), si detectar diferencia estadística entre las Holstein y las F1, y entre éstas y las vaquillas $\frac{5}{8}$ Holstein $\frac{3}{8}$ Gyr. El número de servicios por concepción fue similar ($p > 0.05$) entre los tres componentes raciales.

Los tres grupos raciales se inseminaron por primera vez a mayor tiempo del esperado; aunque, las hembras con proporción $\frac{5}{8}$ Holstein ocurrió a menor edad ($P < 0.05$) que las hembras Holstein, y a la misma edad ($P > 0.05$) que las hembras F1. El tiempo adicional al esperado a la primera IA tiene la misma tendencia pues la edad a la que se inseminaron. En ganado Cebú criado en las regiones tropicales de América del Sur, la pubertad ocurre de los 22 a 36 meses de edad y la edad al primer parto es alrededor de los 44 a 48 meses de edad (Pereira 2000).

Un buen retorno económico en el negocio de la producción de leche es inevitablemente una función de la reproducción, un rasgo compuesto que incluye elementos como concepción, preñez, parto y la edad de la vaca (Sakaguchi 2011).

Sobre la reproducción y cruzamientos Bjelland *et al.* (2011) consideraron que para que un programa de cruzamientos sea efectivo, el rendimiento reproductivo de todas las vacas cruzadas debe ser mejor que el de las Holstein puras para compensar económicamente la menor producción de leche. Se ha discutido por algunos autores que los datos de producción de leche en ganado Cebú y el ganado cruzado utilizados en varias regiones del mundo están disponibles aunque limitados en número de razas y registros (Rewe 2015).

El primer parto marca el comienzo de la vida productiva de un animal. La edad al primer parto está estrechamente relacionada con el intervalo generacional y, por lo tanto, influye en la respuesta a la selección, también está estrechamente relacionada con la edad a la pubertad, que varía según la raza, la estación, la alimentación y las condiciones de crianza (Schilo *et al.* 1983; Mohamed *et al.*, 2010). La edad al primer parto (EPP) es un factor importante en el costo de la crianza de reemplazos en los hatos lecheros. Utilizando datos de Pennsylvania y EUA se calculó que los costos totales para desarrollar reemplazos en un hato de 100 vacas fueron de 32,344 dólares (Heinrichs, 1993; Tozer y Heinrichs, 2001). Para maximizar el rendimiento de la lactancia y reducir los costos de cría, se

recomendó que el promedio de EPP en Holstein sea igual o menor de 24 meses con peso corporal mayor de 560 kg después del parto (Heinrichs, 1993; Tozer y Heinrichs, 2001). Sin embargo, los análisis de edad y peso corporal en el primer parto para Holsteins en los Estados Unidos muestran que sólo el 2.7% de los establos lecheras realmente alcanzan los objetivos recomendados (Losinger y Heinrichs, 1997). La edad promedio en el primer parto en el ganado *Bos indicus* es de 44 meses, y 34 meses en *Bos taurus* y *Bos indicus* x *Bos taurus* en los trópicos (Mukasa-Mugerwa, 1989). Después del análisis se encontró que las medias y el error estándar para EPS y EPP (Cuadro 2 y 3) fueron 29.95 ± 4.07 , 27.69 ± 1.51 , 27.66 ± 2.76 y 39.32 ± 4.33 , 36.56 ± 1.60 y 36.29 ± 6.71 meses para los grupos Holstein, F1 y $\frac{5}{8}$, respectivamente. Las hembras $\frac{5}{8}$ en este estudio, tuvieron en promedio, menos edad (3.03 meses) al primer parto que las vacas Holstein y también fueron más jóvenes que las F1 (0.27 meses), aunque no hubo diferencia estadística entre ambos grupos raciales. Estos resultados concuerdan con Alkoiret *et al.* (2011), que observaron que los animales $\frac{5}{8}$ tenían una menor EPP que las F1 (29.2 meses vs. 36.8 meses). López *et al.* (2010), con resultados observados en México, informaron que los animales 49% *Bos indicus* tenían una menor EPP con 31 meses además reportaron una edad al primer parto de 35.09 meses en animales *Bos Taurus* puros y 31.09 meses en animales $\frac{5}{8}$ mantenidos en condiciones del trópico húmedo mexicano.

El número de SPC depende en gran medida del sistema de crianza utilizado. Los SPC son más altos bajo sistemas de crianza incontrolada y bajos donde la inseminación artificial se utiliza. Los valores de SPC superiores a 2.0 deben considerarse como pobres (Mukasa-Mugerwa, 1989). Azage-Tegegn *et al.* (1981) informaron que las vacas cruzadas requerían 0.12 y 0.14 menos SPC que las vacas cebuinas que viven en áreas tropicales húmedas y secas. El-Amin *et al.* (1981) concluyeron que los SPC no difirieron significativamente entre la raza Butana Rojo y cruza de Butana Rojo (promedio de 2.6), aunque sí fue influenciado por el mes de parto. Zambrano *et al.* (2006) tampoco encontraron diferencias ($p > 0.05$) en SPC entre vacas $\frac{1}{2}$ Holstein + $\frac{1}{2}$ Criollo Limonero y $\frac{3}{4}$ Criollo Limonero + $\frac{1}{4}$ Holstein

Los resultados de diagnóstico de la preñez en las vaquillas se muestran en el Cuadro 3. A la primera, segunda, tercera y cuarta IA se alcanzó el 66.67, 82.86, 82.86 y 86.67% de gestación, respectivamente, sin observar diferencia estadística ($p > 0.05$) entre las vaquillas según su componente racial.

Cuadro 3. Resultado de diagnóstico de preñez de acuerdo al número de inseminación artificial de vaquillas Holstein y vaquillas cruzadas con Gyr.

Grupo racial	n	Inseminación artificial, preñez, n(%)			
		Primera	Segunda	Tercera	Cuarta
Holstein	68	43(63.24)	56(82.35)	56(82.35)	59(86.76)
F1(Gyr x Holstein)	14	10(71.43)	11(78.57)	11(78.57)	11(78.57)
5/8 Holstein 3/8 Gyr	23	17(73.91)	20(86.96)	20(86.96)	21(91.30)
Total	105	70(66.67)	87(82.86)	87(82.86)	91(86.67)
Probabilidad		0.59	0.79	0.79	0.54

Resultado similar al de este estudio es reportado por Xu y Burton (2000), quienes observaron una tasa de preñez de 88% para Holstein, 91% para Jersey y 90.5% para animales cruzados y un promedio para los tres grupos raciales de 89.2%. Además, Roberts *et al.* (2009) publicaron que la tasa de preñez fue de 91% en vaquillas cruzadas $\frac{1}{2}$ Red Angus, $\frac{1}{4}$ Charolais y $\frac{1}{4}$ Tarentaise.

La asociación entre el índice de temperatura al momento de la inseminación artificial y el diagnóstico de preñez a la primera inseminación se muestra en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Relación del índice de temperatura y humedad con la tasa de preñez en la primera inseminación artificial.

ITH	Diagnóstico de preñez a primera IA, n (%)		Probabilidad
	Gestantes	Vacías	
65 - 70	48 (72.7)	18 (27.3)	0.09
70.1 - 75	17 (63.0)	10 (37.0)	
75.1 - 80	5 (41.7)	7 (58.3)	

El valor de probabilidad (0.09) indica que existe tendencia en la asociación entre ITH y el resultado del diagnóstico de gestación, ya que al aumentar el ITH, la tasa de gestación disminuyó de 72.7 a 41.7. El ITH sirve para cuantificar el grado de estrés calórico en los animales y este se inicia a partir de las 72 unidades (West, 2003). Mellado *et al.* (2010) en vacas multíparas de un establo de la misma zona no observaron diferencias en la tasa de preñez, considerando el valor del ITH al momento de inducir el estro, aun cuando en noviembre y marzo se calculó ITH mayor de 80 unidades. Avendaño-Reyes *et al.* (2010) mencionan que la fertilidad en vacas lecheras es muy sensible al estrés por calor o la estación en climas cálidos.

En el cuadro 5 se muestran los resultados de la edad al primer parto de las vaquillas. Las vaquillas $\frac{5}{8}$ Holstein $\frac{3}{8}$ Gyr parieron 3.03 meses más temprano que las vaquillas Holstein ($p < 0.05$); mientras que las edades de las vaquillas Holstein y las F1, y las F1 y $\frac{5}{8}$ Holstein, no fueron estadísticamente diferentes ($p > 0.05$).

Lemos *et al.* (1992) en Brasil reportan en cruza de Holstein con Guzerat mantenidas en condiciones de manejo alto, es decir en buena alimentación, que las hembras Holstein tuvieron su primer parto a los 41.74 meses de edad, y se redujo a 36.29 meses en F1 y a 38.82 meses en $\frac{5}{8}$ Holstein $\frac{3}{8}$ Guzerat.

Cuadro 5. Edad al primer parto en meses de vaquillas Holstein y vaquillas cruzadas con Gyr.

Grupo Racial	n	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
Holstein	58	39.32 ^a	4.33	34.00	49.50
F1 (Gyr x Holstein)	11	36.56 ^{ab}	1.60	33.87	38.67
5/8 Holstein 3/8 Gyr	20	36.29 ^b	6.71	29.07	40.50

^{ab} Literales diferentes en columna indican diferencia estadística($p \leq .05$).

La reducción de la edad a la primera IA, tiempo adicional al esperado para la primera IA y edad al primer parto en las vaquillas $\frac{5}{8}$ Holstein $\frac{3}{8}$ Gyr con respecto a las vaquillas Holstein, se atribuye al efecto de la heterosis, así como al efecto directo de los genes de la raza Holstein (Cunningam y Syrstad, 1987), considerando que la heterosis se expresa cuando hay estrés (Barlow, 1981) como en el caso de este estudio, donde las hembras estuvieron en condiciones de temperatura y humedad ambiental por encima de su estado de confort, no así de nutrición ya que estuvieron en estabulación.

VII. CONCLUSIONES

En condiciones de crianza y desarrollo en estabulación en clima tropical seco, las vaquillas del grupo racial 5/8 presentan menor edad al primer servicio y menor edad al primer parto que las vaquillas F1 (Gyr x Holstein) y Holstein, con igual número de servicios por concepción y tasas de preñez a la primera, segunda, tercera y cuarta inseminación artificial.

VIII. LITERATURA CITADA

- Abeygunawardena H, Dematawewa CMB. Pre-pubertal and postpartum anestrus in tropical Zebu cattle. *Animal Reproduction Science*. 2004;83:373-387. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.05.006>.
- Alencar MM, Trematore RL, Oliveira JAL, De Almeida MA, Barbosa PF. Desempenho produtivo de vacas da raça nelore e cruzadas Charolês x Nelore, Limousin x Nelore e Tabapuã x Gir. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 1997;26:467-472.
- Al-katanani YM, Webb DW, Hansen PJ. Factors affecting seasonal variation in 90-day nonreturn rate to first service in lactating Holstein cows in a hot climate. *Journal of Dairy Science*. 1999;82:2611-2616.
- Armstrong DV. Heat stress interaction with shade and cooling. *Journal of Dairy Science*. 1994;77:2044-2050. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77149-6](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77149-6).
- Aroeira JADC, Silva HM, Fontes LR, Sampaio IBM. Idade ao primeiro parto, vida reprodutiva e expectativa de vida em vacas Zebu. *Arquivo de Medicina Veterinária e Zootecnia*. UFMG 1977;29:301-309.
- Avendaño-Reyes L, Fuquay JW, Moore RB, Liu Z, Clark BL, Vierhout C. Relationship between accumulated heat stress during the dry period, body condition score, and reproduction parameters of Holstein cows in tropical conditions. *Tropical Animal Health and Production*, 2010;42, 265-273. <http://dx.doi.org/10.1007/s11250-009-9415-7>.
- Avila-Curiel A, Shamha-Levy T, Galindo-Gomez C, Rodriguez-Hernandez G, Barragan-Heredia LM. La desnutrición infantil en el medio rural mexicano. *Salus publica de mexico*. 1998; 40(2):150-160.
- Azage-Tegegn, Galal ESE, Kebede B. A study on the reproduction of local zebu and F1 crossbred (European X zebu) cows. I. Number of services per conception, gestation length and days open till conception. *Ethiopian Journal of Agricultural Sciences* 1981;3:1-14.
- Badinga L, Collier RJ, Thatcher WW, Wilcox CJ. Effects of climatic and management factors on conception rate of dairy cattle in subtropical environment. *Journal of Dairy Science*. 1985;68:78-85. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(85\)80800-6](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(85)80800-6).

- Barbosa SBP, Ramalho RP, Monardes HG, Dos Santos DC, Dias FM, Batista AMV. Milk and fat production of crossbred Holstein-Gir cows (*Bos taurus taurus*-*Bos taurus indicus*) in the agreste region of the Brazilian state of Pernambuco. *Genetics and Molecular Biology*. 2008;31:2468-2474. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-47572008000300012>.
- Barros CM, Pegorer MF, Moraes-Vasconcelos JL, Eberhardt BG, Monteiro FM. Importance of sperm genotype (*indicus* versus *taurus*) for fertility and embryonic development at elevated temperatures. *Theriogenology*. 2006;65:210-218. <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.09.024>.
- Baruselli PS, Reis EL, Marques MO, Nasser LF, Bó GA. The use of hormonal treatments to improve reproductive performance of anestrus beef cattle in tropical climates. *Animal Reproduction Science*. 2004;82-83:479-486. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.04.025>.
- Beaudeau F, Van der Ploeg JD, Boileau B, Seegers H, Noordhuizen JPTM. Relationships between culling criteria in dairy herds and farmers' management styles. *Preventive Veterinary Medicine*. 1996;25:327-342. [https://doi.org/10.1016/0167-5877\(95\)00509-9](https://doi.org/10.1016/0167-5877(95)00509-9).
- Berglund B. Genetic improvement of dairy cow reproductive performance. *Reproduction in Domestic Animals*. 2008;43(2):89-95. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01147.x>.
- Blackshaw JK, Blackshaw AW. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviour: A review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 1994;34:285-295. <http://dx.doi.org/10.1007/s11250-018-1542-6>.
- Bossi FA, De Lima Silva F, Hongyu K, Da Silva Santos D, Wayne Murphy T, Brito LF. Multivariate analysis to evaluate genetic groups and production traits of crossbred Holstein × Zebu cows. *Tropical Animal Health and Production*. 2016;48:533-538. <http://dx.doi.org/10.1007/s11250-015-0985-2>.
- Britt, JH. Early postpartum breeding in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 1975;58:266. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(75\)84558-9](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(75)84558-9).

- Buckley F, López-Villalobos N, Heins BJ. Crossbreeding Implications for dairy cow fertility and survival. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience* 2014;8(1):122133. <http://dx.doi.org/10.1017/S1751731114000901>.
- Butler WR. Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Animal Reproduction Science*. 2000;60-61:449-457. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-4320\(00\)00076-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-4320(00)00076-2).
- Byerley DJ, Staigmiller RB, Berardinelli JG. 1987. Pregnancy rates of beef heifers bred either on pubertal or third estrus. *Journal Animal Science*. 1987;65 645-650.
- Cardozo, J., A. Góngora.1999. Mecanismos del estrés y efectos sobre la reproducción. Disponible en: http://www.produccionbovina.com/etologia_y_bienestar/bienestar_en_bovinos/14-stres.pdf.
- Cartwright TC. Prognosis of Zebu cattle: research and application. *Journal Animal Science*. 1980;50:1221-1226. <https://doi.org/10.2527/jas1980.5061221x>.
- Chenoweth PJ. Reproductive science in the global village. *Reproduction in Domestic Animals*. 2012;47(4):52-58. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2012.02055.x>.
- CIAPAN. Guía para la asistencia técnica del Valle de Culiacán. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Forestales y Pecuarias. Culiacán, Sinaloa, México. 92 pp. 2002.
- Collier RJ, Dahl GE, VanBaale MJ. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 2006;89:1244-1253. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72193-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72193-2).
- Cunningham EP, Syrstad O. Crossbreeding *Bos indicus* and *Bos taurus* for milk production in the tropics. FAO. 1987. Disponible en: <http://www.fao.org/3/t0095e/T0095E00.htm>.
- De Lorenzo MA, Spreen TH, Bryan GR, Beede DK, Van Arendonk JAM. Optimizing model: Insemination, replacement, seasonal production, and cash flow. *Journal of Dairy Science*. 1992;75:885-896. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)77829-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77829-1).

- De Vries A. Economics of Delayed replacement when cow performance is seasonal. *Journal of Dairy Science*. 2004;87:2947-2958. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73426-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73426-8).
- Díaz-Rivera P, Oros-Noyola V, Vilaboa-Arroniza J, Martínez-Dávila JP, Torres-Hernández G. Dinámica del desarrollo de la ganadería doble propósito en las Choapas, Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 2011;14:191-199.
- Dillon P, Berry DP, Evans RD, Buckley F, Horan B. Consequences of genetic selection for increased milk production in European seasonal pasture based systems of milk production. *Livestock Science*. 2006;99:141-158. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2005.06.011>.
- El-Amin FM, Simeri NA, Wilcox C. Breed and environmental effects on reproductive performance of crossbred dairy cows in the Sudan. *Memoria, Asociación Latinoamericana de Produccion. Animal Animal Breeding*. 1981;52:6458.
- Eler JP, Silva JA Jr, Feraz JB, Dias F, Oliveira HN, Evans JL, Golden BL. Genetic evaluation of the probability of pregnancy at 14 months for Nelore heifers. *Journal Animal Science*. 2002;80:951-4.
- Elgersma A, Tamminga S, Ellen G. Modifying milk composition through forage. *Animal Feed Science and Technology*. 2006;131(3-4):207-225. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aninu.2016.08.008>.
- Emmerson, DA, Anthony NB, Nestor KE. Genetics of growth and reproduction in the turkey. 11. Evidence of nonadditive genetic variation. *Poultry Science*. 1991;70:1084-1091. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.0701084>.
- Ettema JF, Santos JEP. Impact of age at calving on lactation, reproduction, health, and income in first-parity Holsteins on commercial farms. *Journal of Dairy Science*. 2004;87:2730-2742. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73400-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73400-1).
- Evershed, RP, Payne S, Sherratt AG, Copley MS, Coolidge J, Urem-Kotsu D, Kotsakis K, Ozdog˘an M, Ozdog˘an AE, Nieuwenhuys O, Akkermans PM, Bailey D, Andeescu RR, Campbell S, Farid S, Hodder I, Yalman N, Ozbařaran M, Biçakci E, Garfinkel Y, Levy T. Burton MM. Earliest date for milk use in the Near East and southeastern Europe linked to cattle herding. *Nature*. 2008;455: 528-531.

- Facó O, Lôbo RNB, Filho RM, Moura AAA. Analysis of productive performance of different Holstein x Gir genetic groups in Brazil. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2002;31(5):1944-1952. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982002000800010>.
- Fairfull RW, Gowe RS, Emsley JAB. Diallel cross of six long-term selected Leghorn strains with emphasis on heterosis and reciprocal effects. *British Poultry Science*. 1983;24:133-158.
- Fairfull, RW. Heterosis. In: Crawford. *Poultry Breeding Genetics*. Elsevier Netherlands. p. 913-933. 1990.
- Falconer DS, and Mackay TFC. *Introduction to quantitative genetics*. 4th ed. Longman, Essex, England; 1996.
- FAO. 2006. The state of development of biotechnologies as they relate to the management of animal genetic resources and their potential application in developing countries. Disponible en: <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/meeting/015/j8959e.pdf>.
- FAO. 2012. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Disponible en: <http://www.fao.org/publications/sofa/es/>.
- FAO. 2011. Biotechnologies for agricultural development. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i2300e/i2300e.pdf>.
- Ferrell CL. Effects of postweaning rate of gain on onset of puberty and productive performance of heifers of different breeds. *Journal Animal Science*. 1982;55:1272-1283.
- Flamenbaum I, Galon N. Management of heat stress to improve fertility in dairy cows in Israel. *Journal of Reproduction and Development*. 2010;56:S36-S41. <https://doi.org/10.1262/jrd.1056S36>.
- Foster DL, Nagatani S. Physiological perspectives of leptin as a regulator of reproduction: role of timing puberty. *Biology Reproduction*. 1999;60:205-215.
- Freetly HC, Cundiff LV. Reproductive performance, calf growth, and milk production of first-calf heifers sired by seven breeds and raised on different levels of nutrition. *Journal Animal Science*. 1998;76:1513-1522.

- Freitas AF, Wilcox CJ, Costa CN. Breed group effects on milk production of Brazilian crossbred dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 1998;81:2306-2311. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75811-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75811-4).
- Galukande E, Mulindwa H, Wurzinger M, Roschinsky R, Mwai AO, Sölkner J. Cross-breeding cattle for milk production in the tropics: achievements, challenges and opportunities. *Animal Genetic Resources*. 2013;52:111-125. <http://dx.doi.org/10.1017/S2078633612000471>.
- Filho, GR., Fonseca FA, Fontes RS, Quirino CR, Carvalho FP, Carvalho CS, Ramos JLG. Influencia da sazonalidade sobre a dinâmica folicular ovariana de novilhas da raça Guzará. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*. 2002;26:90-92. <https://doi.org/10.11606/issn.1678-4456.bjvras.2007.26607>.
- García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarla a las condiciones climáticas de la República Mexicana). Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 144 pp. 1988.
- Garcia MR, Amstalden M, Williams SW, Stanko RL, Morrison CD, Keisler DH, Nizielski SE, Williams GL. Serum leptin and its adipose gene expression during pubertal development, the estrous cycle, and different seasons in cattle. *Journal of Animal Science*. 2002;80:2158-2167.
- Gerosa S, Skoet J. Milk availability: trends in production and demand and medium term outlook. 2012. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Guzmán MEE. Genética agropecuaria. Editorial Trillas. México. p. 150. 1996.
- Hansen PJ, Drost M, Rivera RM, Paula-López F, Al-Katanani YM, Krininger III CE. Adverse impact of heat stress on embryo production: causes and strategies for mitigation. *Theriogenology* 2001;55:91-103. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(00\)00448-9](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(00)00448-9).
- Haug A, Høstmark AT, Harstad OM. Bovine milk of human nutrition-a review. *Lipids in Health and Disease*. 2007;6:25-41. <https://doi.org/10.1186/1476-511X-6-25>.
- Heinrichs AJ, Wells SJ, Hurd HS, Hill OW, Dargatz DA. The national dairy heifer evaluation project: A profile of heifer management practices in the United States. *Journal of Dairy Science*. 1994;77:1548-1555.

- Hernández-Ledesma B, Ramos M, Gómez-Ruiz JA. Bioactive components of ovine and caprine cheese whey. *Small Ruminant Research*. 2011;101:196-204. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.09.040>.
- Hoffman PC. Optimum body size of Holstein replacement heifers. *Journal of Animal Science*. 1997;75:836-845. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(75\)84558-9](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(75)84558-9).
- Kanwar J R, Kanwar R K, Sun X, Punj V, Matta H, Morley SM, Parratt A, Puri M, Sehgal R. Molecular and biotechnological advances in milk proteins in relation to human health. *Current Protein & Peptide Science*. 2009;10:308-338. <https://doi.org/10.2174/138920309788922234>.
- Kearney JF, Wall E, Villanueva B, Coffey MP. Inbreeding trends and application of optimized selection in the UK Holstein population. *Journal of Dairy Science* 2004;87:3503-3509. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73485-2](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73485-2).
- Król J, Litwińczuk Z, Brodziak A, Barłowska J. Lactoferrin, lysozyme and immunoglobulin G content in milk of four breeds of cows managed under intensive production system. *Polish Journal of Veterinary Science*. 2010;13(2):357-361.
- Krupa E, Žáková E, Krupová Z. Evaluation of inbreeding and genetic variability of five pig breeds in Czech Republic. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*. 2015;28:25-36. <https://doi.org/10.5713/ajas.14.0251>.
- Larson RL, Heifer Development: Reproduction and Nutrition. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2007;23:53-68. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2006.11.003>.
- Le Cozler Y, Lollivier V, Lacasse P, Disenhaus C. Rearing strategy and optimizing first-calving targets in dairy heifers: a review. *Animal*. 2008;2:1393-1404. <https://doi.org/10.1017/S1751731108002498>.
- Le Cozler Y, Lollivier V, Lacasse P, Disenhaus C. Rearing strategy and optimizing first-calving targets in dairy heifers: a review. *Animal*. 2008;2:1393-1404. <http://dx.doi.org/10.1017/S1751731108002498>.
- Lemos AM, Madalena FE, Teodoro RL, Barbosa RT, Monteiro JTB. Comparative performance of six Holstein x Guzarat grades in Brazil. 5. Age at first calving. *Brazilian Journal of Genetics*. 1992;15(1):73-83. <https://doi.org/10.1017/S0003356100002154>.

- Lippman ZB, Zamir D. Heterosis: revisiting the magic. *Trends in Genetics*. 2006;23(2):60-66. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tig.2006.12.006>.
- Long CR. Crossbreeding for beef production: Experimental results. *Journal of Animal Science* 1980;51:1197-1223. <https://doi.org/10.2527/jas1980.5151197x>.
- López E, Mellado M, Martínez AM, Véliz FG, García JE, de Santiago A, E. Carrillo AE. Stress-related hormonal alterations, growth and pelleted starter intake in pre-weaning Holstein calves in response to thermal stress. *International Journal of Biometeorology*. 2018;62(4):493-500 <https://doi.org/10.1007/s00484-017-1458-2>.
- López OR, Hernández MD, Muñiz GGJ, Rafael Núñez Domínguez RN, López OR, Hernández PAM. Eventos reproductivos de vacas con diferente porcentaje de genes *Bos taurus* en el trópico mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 2010;7(4):435-448.
- Losinger WC, Heinrichs AJ. Management practices associated with high mortality among preweaned dairy heifers. *Journal of Dairy Research*. 1997;64:1-11.
- Lucy MC. Reproductive loss in high-producing dairy cattle: where will it end? *Journal of Dairy Science*. 2001;84:1277-1293. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)70158-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70158-0).
- Macdonald KA, Verkerk GA, Thorrold BS, Pryce JE, Penno JW, LR McNaughton, L. Burton J, Lancaster JAS, Williamson J H, Holmes CW. A comparison of three strains of Holstein-Friesian grazed on pasture and managed under different feed allowances. *Journal of Dairy Science*. 2008;91:1693-1707. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0441>.
- Madalena F, Teodor RL, Lemos AM, N. Monteiro JB, Barbosa RT. Evaluation of strategies for crossbreeding dairy cattle in Brazil. *Journal of Dairy Science*. 1990;73:1887-1901. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(90\)78869-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(90)78869-8).
- Madalena FE. Cruces entre razas bovinas para producción económica de leche. III Curso Internacional de ganadería de doble propósito. XI Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal. pp. 1-17, Valera, Venezuela. 2002.
- Mader TL, Davis MS, Brown-Brandl T. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 2006;84(3):712-719. <https://doi.org/10.2527/2006.843712x>.

- Magaña MG, Ríos AG, Martínez GJC. Los sistemas de doble propósito y los desafíos en los climas tropicales de México. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 2006;14 (3):105-114.
- Maiwashe AN, Blackburn HD. Genetic diversity in and conservation strategy considerations for Navajo Churro sheep. *Journal of Animal Science* 2004;82:2900-2905. <https://doi.org/10.2527/2004.82102900x>.
- Malek dos Reis CB, Barreiro JR, Mestieri L, Porcionato MA, Dos Santos MV. Effect of somatic cell count and mastitis pathogens on milk composition in Gyr cows. *Veterinary Research*. 2013;9:67. <https://doi.org/10.1186/1746-6148-9-67>.
- Marson EPM, Guimaraes JD, Silva JCP, Neto TM, Guimaraes SEF, Borges AM, G. Martins JT, Santos RLD. Concentrações plasmáticas de progesterona em novilhas compostas Montana Tropical, durante as fases pre-puberal e puberal. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*. 2001;25:134-136.
- Martínez GA. *Diseños Experimentales: Métodos y Elementos de Teoría*. Edit. Trillas. México; 1988.
- Melka MG, Stachowicz K, Miglior F, Schenkel FS. Analyses of genetic diversity in five Canadian dairy breeds using pedigree data. *Journal of Animal Breeding and Genetics*. 2013;130:476-486.
- Mellado BM, Coronel BF, Estrada AA, Ríos RFG. Fertility in Holstein × Gyr cows in a subtropical environment after insemination with Gyr sex-sorted semen. *Tropical Animal Health and Production*, 2010;42:1493-1496. doi 10.1007/s11250-010-9585-3.
- Mellado M, Coronel F, Estrada A, Ríos FG. Lactation performance of Holstein and Holstein x Gyr cattle under intensive condition in a subtropical environment. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 2011;14:927-931.
- Mellado M, Sepúlveda E, Meza-Herrera C, Veliz GF, Arévalo RJ, Mellado J; De Santiago A. Effects of heat stress on reproductive efficiency of high yielding Holstein cows in a hot-arid environment. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 2013;26:193-200.

- Meyer CL, Berger PJ, Koehler KJ, Thompson JR, Sattler CG. Phenotypic trends in incidence of stillbirth for Holsteins in the United States. *Journal of Dairy Science*. 2001;84:515-523. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74502-X](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74502-X).
- Mezzadra C. A. Homse D. Sampeón Albeiro R. Pubertal Traits and Seasonal Variation of the Sexual Activity in Brahman, Hereford and Crossbred heifers. *Theriogenology* . 1993;40:987.
- Michaelsen KF, Nielsen, ALH, Roos N, Friis H, Mølgaard C.. Cow's milk in treatment of moderate and severe undernutrition in low-income countries. In. Clemens RA, Hernell O, Michaelsen KF, eds. *Milk and milk products in human nutrition*, pp. 2011;99-111. Vevey, Switzerland.
- Mokhtari MS, Shahrabak MM, Esmailzadeh AK, Shahrabak HM, Gutierrez JP. Pedigree analysis of Iran-Black sheep and inbreeding effects on growth and reproduction traits. *Small Ruminant Research*. 2014;116:14-20.
- Monti G, Tenhagen BA, Heuwieser W. Culling policies in dairy herds. A review. *Journal of Veterinary Medicine Series A*. 1999;46:1-11.
- Morton JM, Tranter WP, Mayer DG, Jonsson NN. Effects of environmental heat on conception rates in lactating dairy cows: critical periods of exposure. *Journal of Dairy Science*. 2007;90:2271-2278. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-574>.
- Motta-Delgado PA, Rivera-Calderón LG, Mariño-Aldana A, Lizcano-Penagos EC. Desempeño productivo y reproductivo de vacas F1 Gyr x Holstein en clima cálido colombiano. *Veterinaria y Zootecnia*. 2012;6(1):17-23.
- Mukasa-Mugerwa E. A Review of Reproductive Performance of Female *Bos indicus* (Zebu) Cattle. Monograph No. 6, ILCA, Addis Ababa, Ethiopia, 1989;101-104.
- Nicholas FW. *Introduction to Veterinary Genetics*, 3a ed. Wiley-Blackwell, Oxford; 2010.
- Nicholas FW, Arnott ER, McGreevy PD. Hybrid vigour in dogs? *The Veterinar Journal*. 2016;214:77-83. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2016.05.013>.
- Nogueiras GP. Puberty in South American *Bos indicus* (Zebu) cattle. *Animal Reproduction Science* 2004;82-83:361-372.
- Osorio AMM, Segura CJC. Crecimiento pre-destete de becerros en ranchos de doble propósito en el trópico mexicano, *Livestock Research for Rural Development*.

2008;20(18):127-131. Retrieved March 30, 2019, from <http://www.lrrd.org/lrrd20/2/osor20018.htm>.

Patterson DJ, Perry RC, Kiracofe GH, Bellows RA, Staigmiller RB, Corah LR. Management considerations in heifer development and puberty. *Journal of Animal Science*. 1992;70:4018-4035.

Payne WJA, Hodges J. *Tropical Cattle: Origins, Breeds and Breeding Policies*, Blackwell Science Ltd, Oxford; 1997.

Pech-Martinez VC, Carbajal-Hernandez M, Motes-Perez R. Economical impact of subclinical mastitis in dual purpose cattle herds of the central zone of Yucatan, Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 2007;7:127-131.

Pegorer MF, Vasconcelos JLM, Hansen PJ, Barros CM. Influence of sire and sire breed (Gyr versus Holstein) on establishment of pregnancy and embryonic loss in lactating Holstein cows during summer heat stress *Theriogenology*. 2006;67:692-697. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2006.09.042>.

Perotto D; Kroetz IA; Da Rocha JL. Milk production of crossbred Holstein x Zebu cows in the northeastern region of Paraná State. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2010;39:758-764. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010000400009>.

Perry RC, Corah LR, Cochran RC. Effect of hay quality, breed and ovarian development on onset of puberty and reproductive performance of beef heifers. *Journal of Production Agriculture*. 1991;4(1)13. <https://doi.org/10.2134/jpa1991.0013>.

Perry GA. Physiology and Endocrinology Symposium: Harnessing basic knowledge of factors controlling puberty to improve synchronization of estrus and fertility in heifers. *Journal of Animal Science*. 2012;90(4):1172-1182. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4572>

Quiroz J, Granados L, Barrón M. Producción de leche de ganado Gyr y F1 y (Holstein x Gyr) *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*. 2015;6:294-299.

Petrovic J, Gazo J, Kutisova J, Vlasekova V. Evaluation of some quantitative traits of intergeneric hybrids *Triticum aestivum* L with *Triticum spelta* L in F1 generation. *Acta Fytotechnica et Zootécnica*. 2001;4:283-285.

Quiroz- Valiente J, Granados Zurita L, Jiménez Ortiz MM, Barrón Arredondo M, Báez Ruiz UA. Diagnóstico de las cuencas de producción de leche de Tabasco. en: XIX

Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Tabasco. (Edit. INIFAP), pp. 150-158, Tabasco, México. 2006.

Quiroz-Valiente J, Vega-Murillo V, Ríos-Utrera A, Montaño-Bermúdez M. Milk yield and composition of Brahman and F1 crossbred Angus, Hereford, Charolais and Brown Swiss x Zebu cows. En: Proc. 5th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, pp. 379-382, Guelph, Canadá. 1994.

Ravagnolo O, Misztal I, Hoogenboom G. Genetic component of heat stress in dairy cattle, development of heat index function. *Journal of Dairy Science*. 2000;83:2120-2125. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75094-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75094-6).

Rewe TO, Peixoto MGC, Cardoso VL, Filho AEV, El Faro L, Strandberg E. Gyr for the Giriamá. the case for zebu darling in tropics- a review. *Livestock Research for Rural Development*. 2015;27(8).

Riday H, Brummer CH. Heterosis in alfalfa: *Medicago sativa* subsp. *sativa* x subsp. *falcata*. 2000. Disponible en la Web: <http://www.naaic.org/TAG/TAGpapers/riday/riday.htm>.

Riley DG, Chase Jr CC, Coleman SW, Olson TA. Evaluation of birth and weaning traits of Romosinuano calves as purebreds and crosses with Brahman and Angus. *Journal of Animal Science*. 2007;85:289-298. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-416>.

Roberts AJ, Geary TW, Grings EE, Waterman RC, MacNeil MD. Reproductive performance of heifers offered ad libitum or restricted access to feed for a one hundred forty-day period after weaning. *Journal of Animal Science*. 2009; 87(9):3043-52. <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2008-1476>.

Rocha MG, Lobato JFP. Avaliação do desempenho reprodutivo de novilhas de corte primíparas aos dois anos de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2002;31:1388-1395.

Rocha A, Randel RD, Broussard JR, Lim JM, Blair RM, Roussel JD. High environmental temperature and humidity decrease oocyte quality in *Bos taurus* but not in *Bos indicus* cows. *Theriogenology*. 1998;49:657-665. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(98\)00016-8](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(98)00016-8).

Rodríguez G, Yuliska Y, Martínez G, Gonzalo E. Efecto de la edad al primer parto, grupo racial y algunos factores ambientales sobre la producción de leche y el primer

intervalo entre partos en vacas doble propósito. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias*. 2010;51(2):79-91.

Román PS, Román PH, Ruiz LFJ, Castañeda MOG, Hernández HVD, Calderón RR, Sánchez RS, Granados ZL. Producción de leche de vacas cruzadas (*Bos taurus* x *Bos indicus*) en el trópico mexicano. XLII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria, p. 219, Veracruz, México. 2006.

Ruiz-Cortez ZT, Olivera-Angel M. Ovarian follicular dynamics in suckled zebu (*Bos indicus*) cows monitored by real time ultrasonography. *Animal Reproduction Science*. 1999;54:211-220. [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(98\)00152-3](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(98)00152-3).

SAGARPA. Boletín de leche enero marzo 2015. Disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx/opt/boletlech/boletinlechenero-marzo_2015.pdf.

Salas-Razo G, Flores-Padilla JP, Vargas-Soberanis J, Perea-Peña M, Garcidueñas-Piña R. Evaluation of ovarian response and percentage of gestation in mexican tropics-heifers treated with melengestrol acetate. *APCBEE Procedia*. 2012;4:240-242. <https://doi.org/10.1016/j.apcbee.2012.11.040>.

Sartori R, Bastos MR, Baruselli PS, Gimenes LU, Ereno RL, Barros CM. Physiological differences and implications to reproductive management of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle in a tropical environment. *Society for Reproduction and Fertility*. 2010;67:357-375.

Schillo KK, Hansen PJ, Kamwanja LA, Dierschke DJ, Hauser ER. Influence of season on sexual development in heifers: age at puberty as related to growth and serum concentrations of gonadotropins, prolactin, thyroxine and progesterone. *Biology Reproduction*. 1983;28:329-341.

Schmidt SJ, Bowers SD, Dickerson T, Gandy BS, Holholm F, Graves KB, White J, Vann RC, Willard ST. Gestational, periparturient and preweaning growth traits of Holstein versus Gir X Holstein (F1) crossbred dairy calves born to Holstein dams. *Tropical Animal Health and Production*. 2006;38:249-260.

Secretaría de Economía. Dirección general de industrias básicas. Análisis del sector lácteo en México. 2013. Disponible en: http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/analisis_sector_lacteo.pdf.

- Shearer JK, Bray D. Manteniendo la salud de la ubre y la calidad de la leche durante periodos calurosos. *Hoard's Dairyman*. 1995;1(7):643.
- Short RE, Bellows RA, Staigmiller RB. Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *Journal of Animal Science*. 1990;68:799-816.
- Shull GH. Beginnings of the heterosis concepts: In heterosis. Gowen JW. Ed. Iowa state college press. p.14-8; 1952.
- SIAP. Boletín de Leche. 2015. Disponible en: http://www.siap.gob.mx/wp-content/uploads/boletinleche/boletinlechenero-marzo_2015.pdf.
- SIAP. Panorama de la Lechería en México. 2014 Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/wpcontent/uploads/boletinleche/bboletleche1trim2014.pdf>
- Silanikove N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science*. 2000;67(1-2):1-18. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(00\)00162-7](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00162-7).
- Silva MA, Pereira FA. Crescimento e desempenho reprodutivo de animais Zebus e mestiços Chianina-Zebu. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 1986;15:116-123.
- Skinner JD, Louw GN. Heat stress and spermatogenesis in *Bos indicus* and *Bos Taurus* cattle. *Journal of Applied Physiology*. 1966;21:1784-1790. <https://doi.org/10.1152/jappl.1966.21.6.1784>.
- Sørensen, MK, Norberg E, Pedersen J, Christensen LG. Crossbreeding in dairy cattle: A Danish perspective. *Journal of Dairy Science*. 2008;91:4116-4128. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1273>.
- Stefano G, Jakob S. Milk availability: trends in production and demand and medium term outlook Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2012. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-an450e.pdf>.
- Sunil KB, Kumar A, Meena K. 2011 Effect of heat stress in tropical livestock and different strategies for its amelioration. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*. 2011;7(1):45-54.
- Syrstad O, Ruane J. Prospects and strategies for genetic improvement of the dairy potential of tropical cattle by selection. *Tropical Animal Health and Production*. 1998;4:257-268.

- Tewolde A. Los Criollos bovinos y los sistemas de producción animal en los trópicos de América Latina. XV Reunión Latinoamericana de Producción Animal (ALPA) en Venezuela sobre Utilización de Razas y Tipos Bovinos Creados y Desarrollados en Latinoamérica y el Caribe. ALPA 1997;54:12-18.
- Teyer R, Magaña JG, Santos J, Aguilar C. Comportamiento productivo y reproductivo de vacas de tres grupos genéticos en un hato de doble propósito en el sureste de México. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 2003;37:363-370.
- Thorpe W, Morris CA, Kang'Ethe P. Cross breeding of Ayrshire, Brown Swiss, and Sahiwal cattle for annual life time milk yield in the lowland tropics of Kenya. Journal of Dairy Science, 1994;77:2415-2427. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77184-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77184-8).
- Tozer PR, Heinrichs AJ. What affects the cost of raising replacement dairy heifers: A multiple-component analysis? Journal of Dairy Science. 2001;84:1836-1844.
- Tran TQ, Warnick AC, Hammond, ME, Koger M. Reproduction in Brahman cows calving for the first time at two or three years of age. Theriogenology 1988;29:751-756.
- Troyer AF. Development of hybrid corn and the seed corn industry. In: Handbook of Maize, Part II. Springer, New York; 2009. USDA. Gain report Mexico Dairy and Products Annual. 2013. Disponible en: http://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Dairy%20and%20Products%20Annual_Mexico%20City_Mexico_10-28-2013.pdf.
- Tucker HA, Wetterman RP. Effects of ambient temperature and relative humidity on serum prolactin and growth hormone in heifers. Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine. 1976;151:623-626.
- Van Raden PM, Sanders AH. Economic merit of crossbred and purebred US dairy cattle. Journal of Dairy Science. 2003;86:1036-1044.
- Walsh SW, Williams EJ, Evans ACO. Review of the causes of poor fertility in high milk producing dairy cows. Animal Reproduction Science. 2011;123:127-138. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.12.001>.
- Wansink B, Chandon P. Can “low-fat” nutrition labels lead to obesity? J&S Marketing Resources. 2006;43:605-617.

- Wathes DC, Brickell JS, Bourne NE, Swali A, Cheng Z. Factors influencing heifer survival and fertility on commercial dairy farms. *Animal*. 2008;2(8):1135-1143. <https://doi.org/10.1017/S1751731108002322>.
- Wathes DC, Pollott GE, Johnson KF, Richardson H, Cooke JS. Heifer fertility and carry over consequences for life time production in dairy and beef cattle. *Animal*. 2014;8:91-104. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000755>.
- West JW. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 2003;86(6):2131-2144. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X.
- Williams JL, Aguilar I, Rekaya R, Bertrand JK. Estimation of breed and heterosis effects for growth and carcass traits in cattle using published crossbreeding studies. *Journal of Animal Science*. 2010; 88(2):460-466. <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2008-1628>.
- Williams RPW. The relationship between the composition of milk and the properties of bulk milk products. *Australian Journal of Dairy Technology*. 2002;57(1):30-44.
- Wolfenson D, Roth Z, Meidan R. Impaired reproduction in heat stressed cattle: basic and applied aspects. *Animal Reproduction Science*. 2000;60-61:535-547.
- Worede GM, Forabosco F, Zumbach B, Palucci V, Jorjani H. Evaluation of genetic variation in the international Brown Swiss population. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience*. 2013;7:1060-1066.
- Xu Z, Burton L. Reproductive performance of dairy cows in new Zealand final report of the monitoring fertility Project. 2003. Research and Development Group. Livestock Improvement Corporation. p 51.
- Yabuta OAK. El estrés calórico en ganado lechero. México. 2001, Disponible en: <http://fmvz1.uat.mx/Investigacion/memorias/principal7.htm>.
- Yassir MA, Arifah AK, Yaakub H, Zuraim A, Zakana ZA. Comparison of conjugated linoleic acid and other fatty acid content of milk fat of Mafriwal and Jersey cows. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 2010;9(9):1318-1323. <https://doi.org/10.3923/javaa.2010.1318.1323>.

- Zhang Z, Yang R, Wang H, Ye F, Zhang S, Hua X. Determination of lactulose in foods. A review of recent research. *International Journal of Food Science & Technology*. 2010;45(6):1081-1087. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02278.X>.
- Zambrano S, Contreras G, Pirela M, Cañas H, Olson T, Landaeta-Hernández A. Producción de leche y comportamiento reproductivo de vacas cruzadas Holstein x Criollo Limonero. *Revista Científica*. 2006;16(2)115-164.