

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

**DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN Y
SERVICIO EN ZOOTECNIA**

**COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE VACAS CON
DIFERENTE PORCENTAJE DE GENES *Bos taurus* EN
EL TRÓPICO MEXICANO**

**TESIS QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO DE**

MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL

P R E S E N T A

Mario Díaz Hernández

Bajo la Dirección de: Rufino López Ordaz, Ph. D



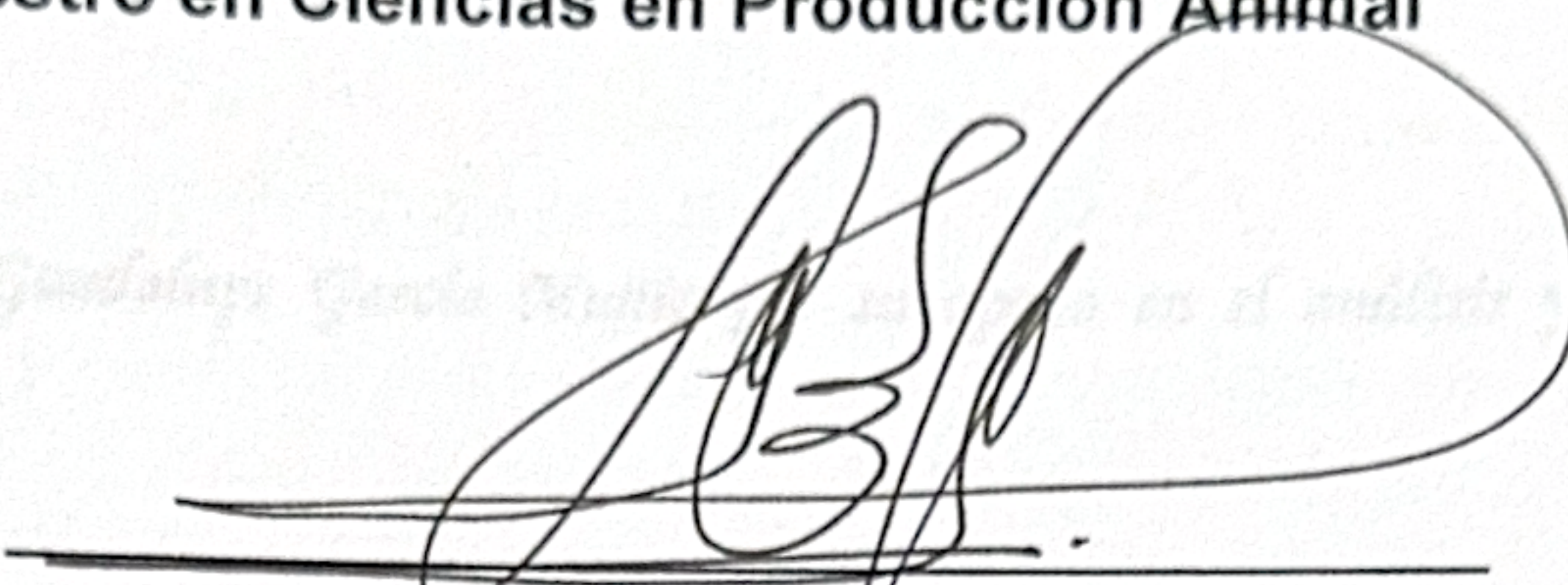
Chapingo, México, Mayo de 2006

COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE VACAS CON DIFERENTE PORCENTAJE DE GENES *Bos taurus* EN EL TRÓPICO MEXICANO

Tesis realizada por Mario Díaz Hernández bajo la dirección del comité asesor
indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener
el grado de:

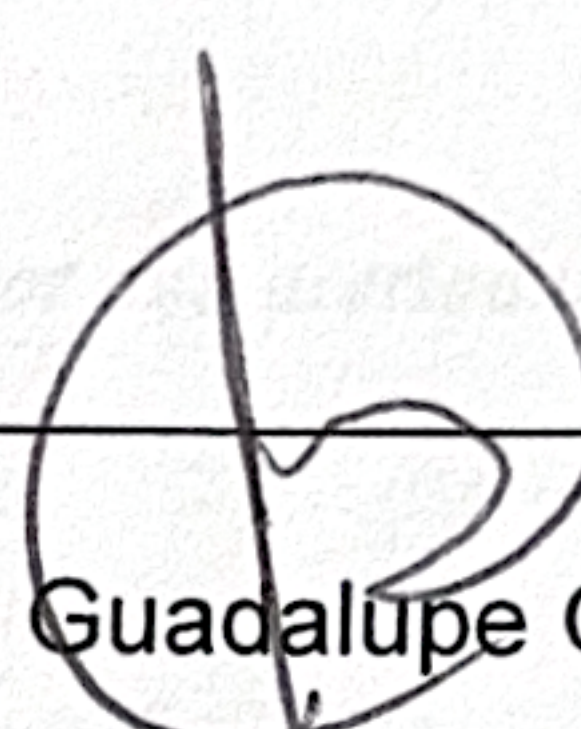
Maestro en Ciencias en Producción Animal

Director:



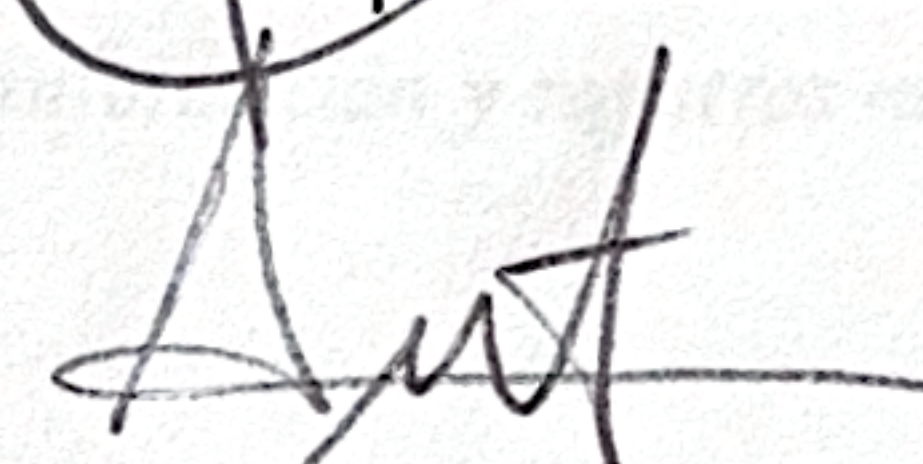
Ph. D. Rufino López Ordaz

Asesor:



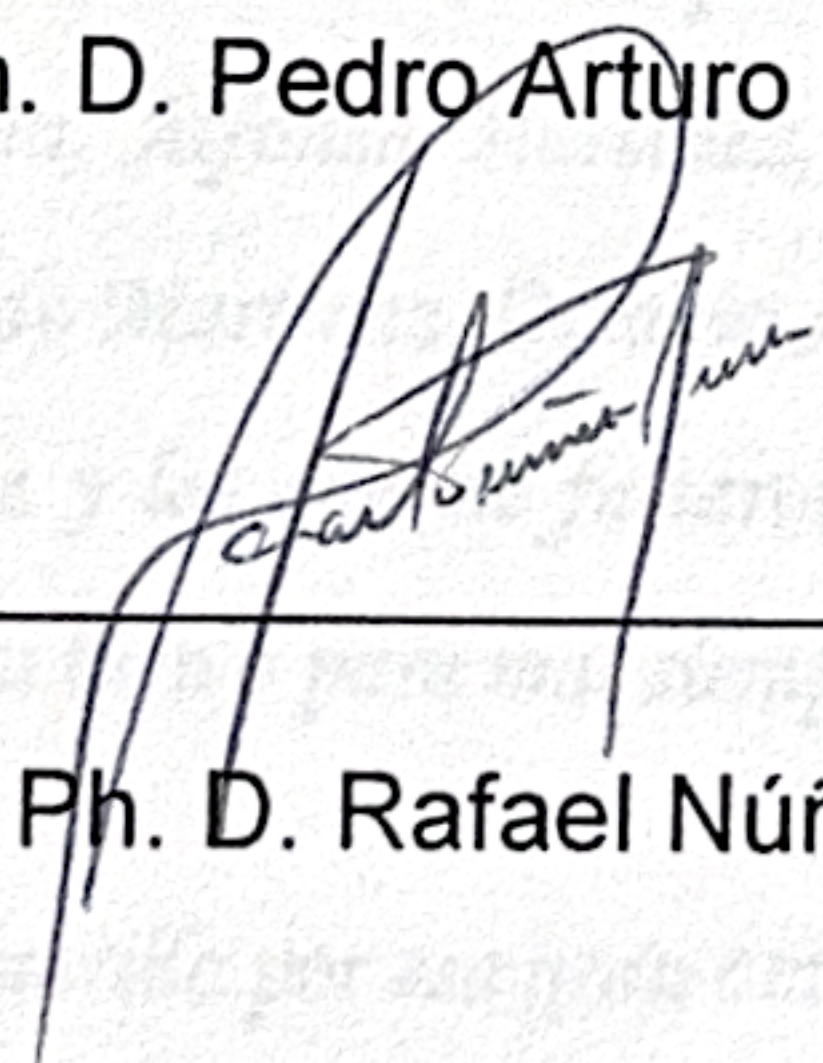
Ph. D. José Guadalupe García Muñiz

Asesor:



Ph. D. Pedro Arturo Martínez Hernández

Asesor:



Ph. D. Rafael Núñez Domínguez

A. 7 3302

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme llegar hasta este momento y concluir una más de mis metas en la vida.

A la Universidad Autónoma Chapingo y en particular al Posgrado en Producción Animal por las facilidades brindadas para la realización de mis estudios de maestría.

Al Ph. D. Rufino López Ordaz por la oportunidad de trabajar bajo su dirección en estos tres años de estudio.

Al Ph. D. José Guadalupe García Muñiz por su apoyo en el análisis y realización del presente trabajo.

Al Ph. D. Pedro Arturo Martínez Hernández por sus acertadas observaciones en pro de mejorar la calidad del presente trabajo.

Al Ph. D. Rafael Núñez Domínguez por sus acertadas observaciones y sugerencias para llevar a buen termino esta tesis de maestría.

A Jorge Priego Noguera por facilitarme la información y registros necesarios del rancho para realización de esta tesis de maestría.

A mis compañeros del posgrado Carlos Diez, Enrique Martínez, Rafael García, Constantino Romero, Dolores Gómez, Ernesto Miñón, Alfonso Martínez, Noé Galindo, German Cruz, Octavio Hernández, Juan Carlos Muñoz, Eduardo Martínez, Octavio Acosta, Claudio Vite, Denisse Vergara, Alejandra Sánchez, y Bertha Hernández y los que me faltaron, por las enseñanzas buenas y malas, por todos los momentos compartidos para bien o para mal siempre estuvieron ahí...

A Claudia Del Rocío Gómez Camarillo por esa gran amistad.

*a todos una vez mas **Gracias.***

DEDICATORIAS

A mis padres: Leonor Hernández Miranda y Benito Díaz Lira con admiración por su ejemplo de lucha y entrega en cada actividad de la vida.

A mis hermanos Irma, Bonifacio su esposa e hijos, Alicia, Isabel, Gabriel, Carolina, Benito, Erika y Lina por su motivación incansable en pro de mi superación.

A mi hija Dulce Areli en donde quiera que estés... siempre estás conmigo.

A mi esposa Claudia Sánchez Meraz con mucho cariño por todo el apoyo brindado y por estar ahí a cada momento motivándome día tras día en la consecución de este logro

A mis hijos Sarahi y Gabriel con todo mi amor ya que son mi fuente de inspiración.

Me preguntó el destino:

¿Quieres ser genio, y que en tu verba altiva ilumine a los hombres el camino,
como alumbra el lucero vespertino la agonía de la tarde pensativa?

¿Quieres ser emperador famoso y recibir el trémulo homenaje
de un riquísimo pueblo numeroso que te rindiera humilde vasallaje?

¿O quieres ser un mago y ver atento la fuga luminosa de los mundos;
saber como se incuba el pensamiento del cerebro en los senos más profundos;
ver el cometa que en la noche rueda; o sorprender desnuda la alborada?

No –respondíle yo...-

¡Quiero ser de seda... para envolver el cuerpo de mi amada!

Alfonso Francisco Ramírez

A mis suegros Micaela Meraz y Cipriano Sánchez, mis cuñadas Edith y Lupe por su apoyo moral durante mis estudios de maestría.

DATOS BIOGRAFICOS

Mario Díaz Hernández

Fecha de Nacimiento: 19 de enero de 1975

Lugar de Nacimiento: Zumpango, Estado de México

Profesión: Ingeniero Agrónomo especialista en Zootecnia

Cedula Profesional: 4050037

ESTUDIOS REALIZADOS:

1981-1987 Escuela Primaria Rural Federal “Josefa Fuentes Trejo”, Buenavista, Zumpango, Estado de México.

1987-1990 Escuela Secundaria “Torres Quintero” # 315, San Sebastián, Zumpango, Estado de México.

1990-1993 Preparatoria Regional de Zumpango, Zumpango, Estado de México.

1994-1999 Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapíngo, Chapíngo, Estado de México.

EXPERIENCIA LABORAL:

✓ Responsable Técnico

Proyecto “Producción de Leche Orgánica en pastoreo con vacas Holstein y Jersey”. Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapíngo.

Julio de 1999 a Mayo de 2006

✓ Jefe de la Granja Experimental del Departamento de Zootecnia

Universidad Autónoma Chapíngo.

Marzo a Julio de 2004.

CONTENIDO

	Pág.
Lista de Cuadros.....	II
Lista de Figuras.....	II
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
CAPÍTULO 3. COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE VACAS CON DIFERENTE PORCENTAJE DE GENES <i>Bos taurus</i> EN EL TRÓPICO MEXICANO.....	32
Resumen.....	33
Abstract.....	34
Introducción.....	35
Materiales y métodos.....	36
Resultados y discusión.....	42
Conclusiones.....	50
Referencias.....	51

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Pág.
1. Edad al primer parto (EPP, meses) de genotipos bovinos con diferente proporción de genes <i>Bos taurus</i> y <i>Bos indicus</i> en clima tropical.....	9
2. Días abiertos (DA) de genotipos bovinos con diferente proporción de genes <i>Bos taurus</i> en clima tropical.....	15
3. Intervalo entre partos (IEP, días) de genotipos bovinos con diferente proporción de genes <i>Bos taurus</i> en clima tropical.....	17
4. Genotipo del padre, la madre y la vaca, porcentaje de heterosis y de genes <i>Bos taurus</i> (BT) en la vaca y número de vacas utilizadas en el estudio.....	37
5. Estadísticos descriptivos para las variables evaluadas.....	40
6. Nivel de significancia (probabilidad) de los efectos fijos, interacciones de primer orden y los efectos lineal y cuadrático de la covariable porcentaje de genes <i>Bos taurus</i> para las diferentes variables evaluadas en vacas de distintos genotipos en clima tropical.....	43
7. Medias de cuadrados mínimos ($\pm$ error estándar) para los efectos de número y época de parto para las variables días al primer servicio posparto, días abiertos e intervalo entre partos (IEP), de vacas con diferentes porcentajes de genes <i>Bos taurus</i> en clima tropical	44

LISTA DE FIGURAS

Figura	Pág.
1. Efecto del porcentaje de genes <i>Bos taurus</i> en la edad al primer parto de vacas de doble propósito en condiciones del trópico mexicano.....	46
2. Efecto del porcentaje de genes <i>Bos taurus</i> en los días al primer servicio posparto y días abiertos de vacas de doble propósito en condiciones del trópico mexicano.....	47
3. Efecto del porcentaje de genes <i>Bos taurus</i> en el intervalo entre partos de vacas de doble propósito en condiciones del trópico mexicano.....	49

Capítulo I. Introducción

La información insuficiente relacionada con los sistemas de cruzamientos locales es un factor limitante para el mejoramiento de las condiciones productivas de las poblaciones bovinas de doble propósito en ambientes tropicales (SDP). Las ventajas de las vacas *Bos taurus* x *Bos indicus* en varias proporciones alrededor de 50% de genes europeos, comparadas con las razas puras, ha sido demostrado en varios ambientes (Madalena, 1993; García, 2005).

Los problemas de adaptación al medio tropical de las razas bovinas europeas se deben fundamentalmente a efectos del clima, manejo, alimentación, parásitos y enfermedades. La menor adaptación de los genotipos europeos al clima tropical los pone en desventaja en relación con el comportamiento reproductivo de las razas cebuínas localmente adaptadas.

Los efectos ambientales mencionados también afectan a las razas nativas, de ahí que los conocimientos derivados de investigaciones sobre eficiencia reproductiva en el trópico, tanto en razas nativas como en las exóticas y sus cruces, sean de suma importancia para adoptar prácticas que incrementen la productividad de los SDP. Con base en lo anterior, el objetivo del presente estudio fue identificar el porcentaje de genes *Bos taurus* (BT) al cual las vacas presenten el mejor comportamiento en edad al primer parto (EPP), días al primer servicio (DPS), días abiertos (DA) e intervalo entre partos (IEP) de bovinos con diferente proporción de genes europeos en el trópico mexicano.

En el Capítulo II se presenta una revisión de literatura que contiene información referente a los resultados obtenidos por otros autores respecto a la EPP, DPS, DA e IEP. En estas investigaciones se ha evaluado el comportamiento reproductivo de distintos genotipos y las cruzas de *Bos taurus* x *Bos indicus* en condiciones tropicales, además de los factores que afectan dicho comportamiento. Finalmente, en el Capítulo III se presenta el artículo científico derivado del estudio del comportamiento reproductivo de vacas con diferente porcentaje de genes *Bos taurus* en el trópico mexicano.

Capítulo II. Revisión de Literatura

La evaluación de la actividad reproductiva de animales que crecen en condiciones de temperatura y humedad extrema como Tabasco es compleja. El uso de bovinos *Bos indicus* en cruzamientos con razas europeas es común en dicha región. El reto más grande para los sistemas de producción con temperatura y humedad alta es el tener que ser productivos y competitivos, al utilizar animales que tienen metabolismos y crecimientos diferentes a los europeos.

La necesidad de aumentar la producción de carne y en los últimos años también de leche en los trópicos de América, ha originado que los ganaderos utilicen razas europeas (Suizo Pardo, Jersey y Holstein) en cruza con genotipos cebuínos para mejorar su ganado e incluso hay quienes tratan de explotarlos en forma pura, con los consecuentes problemas de adaptación.

El comportamiento lechero de animales F_1 de la cruce *Bos indicus* x *Bos taurus* es superior al de genotipos con baja proporción de genes europeos (McDowell *et al.*, 1996; Rege, 1998). Estudios de largo plazo en México (Magaña y Segura-Correa, 2001; Vite, 2004) y en Venezuela (Vaccaro *et al.*, 1999) han confirmado los resultados previos. El efecto de la inclusión de genes europeos en el mejoramiento de la producción de leche, la eficiencia reproductiva y el potencial de crecimiento de las cruza se ha revisado ampliamente por varios autores (Vaccaro, 1984; McDowell *et al.*, 1996; Rege, 1998). La presente revisión se enfocará a la descripción de algunos componentes del sistema de producción

tropical, los tipos de animales más comunes que se explotan en las condiciones locales y el comportamiento reproductivo de los mismos.

Características de la producción de leche en condiciones tropicales

Los sistemas de producción en condiciones tropicales son variados y complejos; en el trópico mexicano se encuentran desde los especializados en la producción de leche o de carne, hasta los extensivos que obtienen ambos productos al mismo tiempo, llamados de doble propósito (Espinoza-García *et al.*, 2000). El SDP se caracteriza por el ordeño de vacas híbridas producto de la cruce de varias razas europeas con Cebú (Casas y Tewolde, 2001; Sheen y Riesco, 2002), y por el uso de pastos nativos como *Paspalum spp.*, *Axonopus spp.* y otras especies introducidas incluyendo estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*), elefante (*Pennisetum purpureum*), egipto (*Brachiaria mutica*), guinea (*Panicum maximum*), pangola (*Digitaria decumbens*), y jaragua (*Hyparrhenia rufa*) (Ruiz y Avendaño, 1989).

Otras características típicas de los SDP incluyen la crianza del becerro con amamantamiento restringido después del ordeño de la vaca, el ordeño manual con apoyo del ternero y recientemente, la crianza artificial de terneros y el ordeño mecánico. El SDP lo practican muchos productores de carne y leche en las áreas tropicales de México y Latinoamérica (Román, 1995; Pérez *et al.*, 2001; Sheen y Riesco, 2002).

Prototipos raciales de bovinos utilizados en las áreas tropicales

Las razas adaptadas a las condiciones tropicales más comunes en el país incluyen a los tipos cebuínos y Suizo. La primera por sus características de adaptación como la tolerancia al calor, a la presencia de parásitos, y su habilidad para sobrevivir en condiciones limitadas de recursos nutrimentales. La segunda, debido a su habilidad para producir carne y leche, su rusticidad y capacidad de adaptación a las temperaturas extremas (Olson *et al.*, 1985).

El éxito económico de las explotaciones ganaderas depende de la eficiencia reproductiva, habilidad materna y crecimiento de las crías. Dichas características son determinadas al menos en parte, por efectos no aditivos de los genes y pueden mejorarse por cruzamiento entre razas distintas (Linares *et al.*, 1974). Con base en dichos antecedentes, los productores de los SDP deben elegir los mejores genotipos puros o de cruzamientos para mejorar la eficiencia y la rentabilidad de sus unidades de producción (Gómez y Tewolde, 1999; Casas y Tewolde, 2001; Hernández-Reyes *et al.*, 2001).

Otros estudios han demostrado que las vacas F_1 *Bos taurus* x *Bos indicus* utilizadas en los trópicos manifestaron una mayor resistencia a las condiciones ambientales, un potencial productivo mayor y un comportamiento reproductivo superior que otras cruzas en condiciones tropicales similares (Hernández-Reyes *et al.*, 2001; Madalena, 2001; Lozano y Maza, 2002). Además, se ha observado que las cruzas de primera generación tienen mayor vigor que otras

cruzas en condiciones de estrés ambiental (McDowell *et al.*, 1996; Madalena, 2001).

Variable reproductiva de bovinos en áreas tropicales

La biología de la actividad reproductiva de diferentes razas de bovinos es compleja y diversa. En una misma raza, la presentación de eventos como la pubertad, la ocurrencia de partos y la regularidad de los ciclos estruales en la vida de la vaca pueden alterarse por factores genéticos y ambientales. A continuación se discuten algunos aspectos relacionados con dichos factores.

Edad al primer parto

La edad a la pubertad de las vaquillas tiene una gran influencia económica, especialmente si se desea que las vaquillas paran a los dos años de edad, usando un periodo de monta restringida. Sin embargo, cualquier ventaja económica de un ternero precoz, se pierde si esta vaquilla falla en preñarse para una segunda gestación por el efecto de la lactancia. En la ganadería mundial tropical y subtropical, el ganado Cebú y sus cruzas predominan, así como también los problemas de edad a la pubertad y las tasas bajas de preñez durante la primera lactancia. Posiblemente gran parte del problema radique en la disponibilidad y calidad del forraje, aunque también existen factores genéticos (Olson *et al.*, 1985). La pubertad en las vaquillas está influenciada por muchos factores incluyendo la edad, la tasa de crecimiento post-destete, tamaño maduro de la raza o craza y las diferencias genéticas entre individuos

(Patterson *et al.*, 1992). Además, la edad a la pubertad y la reconcepción de las vaquillas de primer parto son poco heredables y difíciles de medir en forma económica y precisa. El comportamiento reproductivo de los bovinos *Bos indicus* es diferente al de los *Bos taurus*. Comúnmente, los animales cebuínos que crecen en climas cálidos requieren más tiempo para alcanzar la pubertad y muestran diferencias tanto en su comportamiento productivo como reproductivo con los bovinos *Bos taurus* (Chenoweth, 1994; Simpson *et al.*, 1994; Álvarez *et al.*, 2000).

En general, el ganado cebuino alcanza la pubertad más tarde que las razas *Bos taurus* (Thallman *et al.*, 1999), la cruce entre el *Bos taurus* y el *Bos indicus* tiene un comportamiento intermedio en edad a la pubertad comparativamente con sus progenitores.

Además de la edad y el crecimiento corporal, las hormonas y metabolitos involucrados en la lipogénesis y la lipólisis influyen en la maduración y la funcionalidad del sistema reproductivo de la vaca (Kinder *et al.*, 1995; Lucy, 2000; Lucy, 2001; García *et al.*, 2002). Por ejemplo, la leptina, una hormona metabólica derivada del tejido adiposo y que influye directamente en la reproducción, aparentemente, está regulada por las diferencias raciales. Dichas diferencias también se han observado en las concentraciones de hormonas metabólicas como GH, IGF-1 e insulina, las cuales también se conocen por su influencia en la acumulación de grasa corporal y en la producción de compuestos del tejido adiposo (Obeidat *et al.*, 2002; Spicer, 2002; Thomas *et*

al., 2002). Específicamente, los bovinos *Bos indicus* tienden a presentar tanto folículos dominantes como cuerpos lúteos más pequeños (Bo *et al.*, 2003) y un mayor número de folículos (Álvarez *et al.*, 2000) que los bovinos *Bos taurus*.

La sensibilidad del hipotálamo al estradiol se reduce en los bovinos conforme se aproximan a la pubertad. Las vaquillas *Bos indicus* y *Bos taurus* experimentan el mismo evento fisiológico. Sin embargo, dicho evento ocurre a una mayor edad en vaquillas *Bos indicus* que en *Bos taurus* (Rodríguez *et al.*, 2002). En adición a las hormonas ováricas, los componentes endócrinos del eje hipotálamo-hipófisis también se conocen por ser regulados por varias hormonas metabólicas. Las concentraciones de GH, IGF-1, leptina e insulina fueron mayores en vacas multíparas *Bos indicus* que en *Bos taurus* (Nagatani *et al.*, 2000; Amstalden *et al.*, 2003).

Además, la edad al primer parto de las vacas está determinada por el manejo seguido en la explotación. En los sistemas de producción en clima tropical, la época y el año de nacimiento también influyen sobre la edad al primer parto de la vaca como lo han reportado Segura e Hinojosa (1986) y Vaccaro y Vaccaro (1982).

Aunque las observaciones anteriores aparentemente resultan todavía muy conflictivas, constituyen una explicación de la madurez sexual tardía y de la baja eficiencia reproductiva de los bovinos cebuínos.

El Cuadro 1 muestra la edad al primer parto de vacas con diferente proporción de genes *Bos taurus*, reportado en varios estudios de la literatura. En general, aunque los valores de edad al primer parto son muy diversos, la mayoría coincide en que los genotipos con genes europeos reducen la edad al primer parto y que los animales con ½ BT ½ BI son los que presentan la menor EPP.

Cuadro 1. Edad al primer parto (EPP, meses) de genotipos bovinos con diferente proporción de genes *Bos taurus* y *Bos indicus* en clima tropical

Proporción de genes Bos taurus y Bos indicus en clima tropical			
Genotipo ¹	EPP	Sistema de producción	Fuente
C	35.1	Datos del centro Oriente de Yucatán	Osorio, 1998.
1S 3C	34.0	Doble propósito	
1S 1C	31.5		
3S 1C	33.2		
S	33.1		
1H 1C	40.7	Datos del Centro Tantakín, Yucatán.	Rivera, 1998.
5H 3C	36.5	Doble propósito, se utiliza IA, riego de praderas, ordeño mecánico con apoyo del becerro y amamantamiento restringido	
3H 1C	37.9		
1S 3C	39.4		
1S 1C	37.2		
5S 3C	41.3		
3S 1C	41.2		
1H 1C	34.0	Doble propósito, suplementación con melaza y urea y amamantamiento restringido.	Aluja <i>et al.</i> , 1998
5H 3C	35.0		
3H 1C	36.0		
C	42.6	Resultados de cruzamientos experimentales entre razas europeas y <i>Bos indicus</i> en los trópicos de África, Asia y Latinoamérica. No se reporta sistema de producción.	Rege, 1998
1BT 7C	37.7		
1BT 3C	36.5		
3BT 5C	35.7		
1BT 1C	33.7		
5BT 3C	34.5		
3BT 1C	34.6		
7BT 1C	35.5		
BT	33.1		

C = Cebú, H = Holstein, S = Suizo Pardo, BT = *Bos taurus*

Días al primer servicio posparto

Una característica que influye en la productividad de la ganadería bovina tropical es la baja eficiencia reproductiva causada por el anestro posparto o de la lactancia. Dicha eficiencia está asociada directamente con el efecto negativo del amamantamiento que se manifiesta por periodos prolongados de anestro posparto y por IEP largos (Padilla *et al.*, 1982; Sheen y Riesco, 2002).

El anestro posparto de los bovinos se caracteriza por una baja secreción de hormona luteinizante (LH), tanto en concentración media como en pulsos cada seis horas (Short *et al.*, 1990). Los diversos factores que influyen sobre la duración del anestro posparto en los bovinos han sido descritos por varios autores. Los de mayor relevancia son el estímulo del amamantamiento del becerro (Williams, 1990), el nivel nutricional y la condición corporal de la vaca (Randel, 1990; Short *et al.*, 1990), la raza, la edad y dificultad al parto (Dziuk y Bellows, 1983).

Zawadoswsky *et al.* (1935; Citado por Lamming *et al.*, 1981) determinaron que los ovarios no son la causa principal del anestro posparto, ya que fue posible en animales ovariectomizados producir ovulación mediante la inyección de orina de mujer embarazada y emulsión de hipófisis.

Las concentraciones séricas de hormona luteinizante (LH) en vacas son bajas en el último tercio de la gestación y el período temprano del posparto (Arije *et al.*, 1974). La elevación en las concentraciones séricas basales y el inicio de un

patrón episódico en la liberación de LH preceden al inicio de la ciclicidad estral (Lamming *et al.*, 1981). El final del anestro posparto ocurre cuando la frecuencia de pulsos de LH es menor a uno por hora y la concentración media de LH es mayor de 1 ng/mL (Schallenberger y Walters, 1985).

Las concentraciones plasmáticas de hormona folículo estimulante (FSH) son bajas en el período previo al parto, pero se regularizan al día cinco posparto (Lamming *et al.*, 1981). Por esta razón se considera que FSH no sería limitante para el reinicio de la ciclicidad ovárica. Walters *et al.* (1982) atribuyeron la ausencia de inhibición en la secreción de FSH a la falta de desarrollo de folículos en los ovarios, lo que produce una ausencia de la retroalimentación negativa de la inhibina.

La respuesta a la administración de GnRH alcanza su máximo entre los días 20 y 30 posparto (Webb *et al.*, 1977). La baja sensibilidad de la hipófisis a GnRH durante el posparto temprano ha sido atribuida a los elevados niveles de esteroides presentes durante la preñez, esto no es consecuencia de una baja en el número de receptores de GnRH en hipófisis sino de la baja en los depósitos de LH (Lamming *et al.*, 1981).

Las concentraciones séricas de progesterona caen 1 a 3 días previo al parto con la lisis del cuerpo lúteo (Edqvist *et al.*, 1973), manteniéndose por debajo de 1 ng/mL durante el posparto temprano. Un incremento por arriba de 1 ng/mL ha sido descrito 2 a 4 días antes del reinicio de los ciclos estruales (Arije *et al.*, 1974). Vacas Brahman que presentaron esta característica mostraron ciclos

estruales de duración normal con cuerpo lúteo, mientras que las que no presentaron el aumento de progesterona sérica tuvieron ciclos cortos sin formación de un cuerpo lúteo (Velez, 1991).

Los estrógenos presentan elevadas concentraciones séricas durante la última parte de la preñez alcanzando su pico entre las 24 y las 48 horas previas al parto (Edqvist *et al.*, 1973).

Las concentraciones de 17β estradiol permanecen bajas y comienzan a subir alrededor del día 15 posparto (Arije *et al.*, 1974). Esto ocurre simultáneamente con la detección del primer folículo dominante (Murphy *et al.*, 1990). Velez (1991) observó que vacas con intervalo posparto más prolongado presentaban concentraciones séricas de estrógenos más elevadas durante los primeros 21 días posparto.

El parto está asociado a un incremento en las concentraciones plasmáticas de prostaglandina $F_{2\alpha}$ ($PGF_{2\alpha}$), que actúan en la lisis del cuerpo lúteo. Estas concentraciones son normalmente expresadas como metabolito de la $PGF_{2\alpha}$ (PGFM) y permanecen elevadas de manera normal por aproximadamente 20 días posparto. (Lindell *et al.*, 1982). El pico de PGFM en vacas de carne se produce el día dos posparto y desciende rápidamente hasta el día cinco posparto, continuando su declinación en forma lenta hasta el día 21 posparto (Velez, 1991). La duración del incremento de PGFM ha sido correlacionada con el tiempo de involución uterina (Lindell *et al.*, 1982).

Hay factores que modifican la secreción de PGFM posparto. Las vacas primíparas presentan menores concentraciones plasmáticas de PGFM que las multíparas, mientras que vacas con terneros hembra tuvieron menor secreción de PGFM que aquellas con terneros machos (Guthrie *et al.*, 1990). Por otro lado, la raza del padre también afecta las concentraciones plasmáticas de PGFM en el posparto temprano (Guibault *et al.*, 1985). Las vacas Brahman primíparas no mostraron un incremento en PGFM luego de masaje uterino el día 35 posparto como se observó en vacas multíparas (Wann y Randel, 1990). Se ha postulado que la secreción de $\text{PGF}_{2\alpha}$ debe bajar a un determinado umbral para permitir el reinicio de la actividad cíclica (Kindahl *et al.*, 1982).

Existen numerosos trabajos que muestran que las concentraciones séricas elevadas de cortisol ejercen una acción negativa sobre la secreción de LH en el bovino (Moberg, 1991). Las concentraciones séricas medias de cortisol descienden levemente entre la primera y cuarta semana posparto (Humphrey *et al.*, 1983). Asimismo se ha demostrado que las concentraciones de cortisol se incrementan 10 minutos después de un episodio de un amamantamiento en vacas de cría. La altura de este pico de cortisol disminuye a medida que los días posparto transcurren (Ellicot *et al.*, 1979).

Darwash *et al.* (1997) destacaron la importancia de los tiempos óptimos para el regreso de las vacas a la actividad ovárica después del parto (alrededor de los 40 días) en la rentabilidad de las explotaciones para producción de leche.

Días abiertos

En condiciones tropicales los días abiertos dependen principalmente de la duración del anestro posparto y la fertilidad de los toros. No obstante, cuando se utiliza la monta controlada o la inseminación artificial, los días abiertos, dependen también de la eficiencia en la detección de calores, la tasa de concepción, las muertes embrionarias y los abortos, provocados principalmente por el clima (Basurto *et al.*, 1999).

Un intervalo parto concepción óptimo debe ser menor a 100 días, sin embargo, los días del parto a la concepción pueden presentar modificaciones por distocia y retenciones placentarias, cuya incidencia es mayor en las razas lecheras especializadas que en las de doble propósito (Wilcox, 1992).

Además del manejo, los días abiertos dependen del número y época de parto anteriores, lo cual impacta grandemente la magnitud del IEP y la eficiencia reproductiva de los hatos tropicales (Álvarez *et al.*, 2000; Gómez *et al.*, 2002). El incremento de la eficiencia reproductiva de la vaca se asocia con la rentabilidad y la sostenibilidad de los hatos de doble propósito.

Por otro lado, los animales jóvenes de primera lactancia presentan periodos más largos de DA, los cuales se reducen a medida que maduran, como lo demuestran los resultados obtenidos por Rincón *et al.* (1972) con vacas Limoneras. Hinojosa *et al.* (1980) propuso mejorar el comportamiento reproductivo de los hatos, mediante la eliminación de vacas infértiles por

diversas causas, una mejor crianza y manejo de las novillas de reemplazo con el fin de combatir el efecto negativo de la primera lactancia y la eliminación de vacas viejas que no conciben con rapidez después del parto.

El Cuadro 2 muestra los promedios para días abiertos de vacas con diferente proporción de genes *Bos taurus* reportados por diferentes autores. En general, los días abiertos no presentan una tendencia definida en relación con el porcentaje de genes *Bos taurus*; sin embargo, los autores coinciden en que animales con una alta proporción de genes *Bos taurus* incrementan los días abiertos.

Cuadro 2. Días abiertos (DA) de genotipos bovinos con diferente proporción de genes *Bos taurus* en clima tropical

Genotipo ¹	DA	Sistema de producción	Fuente
C	211.1		Hippen y Escobar, 1984
1H 1C	121.0		
C	135.0		Escobar <i>et. al.</i> , 1984
Criollo	79.6		
1H 1C	106.7		
1H 1C	113.5	Semi-intensivo	Padilla <i>et al.</i> , 1984
1S 1C	109.8		
3H 1C	138.7		
3S 1C	147.8		
C	139.0	Extensivo, formación de un rancho de doble propósito.	Villegas-Carrasco y Román-Ponce, 1986
1H 3C	85.0		
1H 1C	179.0		
3H 1C	210.0		
1H 1C	156.2	Doble propósito, suplementación con melaza y urea y amamantamiento restringido.	Aluja <i>et al.</i> , 1998
5H 3C	196.9		
3H 1C	164.0		

¹C = Cebú, H = Holstein, S = Suizo Pardo

Intervalo entre partos

El intervalo entre partos se define como el tiempo transcurrido entre un parto y el siguiente. El IEP es un buen indicador de la eficiencia reproductiva en el rebaño, ya que resume todo el proceso reproductivo, cuyo objetivo es lograr un parto al año. Su importancia radica en que es un factor ligado con la productividad del sistema, ya que en la medida en que se reduzca, crecerá la proporción de vacas en producción en relación a la población total del hato (Rivera, 1989). El IEP es un indicador de la ganancia marginal de una vaca por día de vida en el hato, el cual depende directamente del número de días abiertos.

Duarte-Ortuño *et al.* (1988) indicaron que el IEP no está asociado con factores hereditarios, en virtud de que el índice de herencia para dicha variable es cercano a cero, tanto en bovinos de doble propósito, como en bovinos productores de carne o leche.

Cunningham y Syrstad (1987) realizaron una revisión de trabajos de diferentes partes del mundo y reportaron que el IEP no presenta un comportamiento claro a medida que se incrementa la proporción de genes *Bos taurus*.

El Cuadro 3 muestra los promedios para el intervalo entre partos de vacas con diferente proporción de genes *Bos taurus*, reportado por diferentes autores. La mayoría de los autores coinciden en que el intervalo entre partos presenta el valor mas bajo en animales con una proporción de 50% de genes *Bos taurus*.

Cuadro 3. Intervalo entre partos (IEP, días) de genotipos bovinos con diferente proporción de genes *Bos taurus* en clima tropical.

de genes de vacas en clima tropical			
Genotipo ¹	IEP	Sistema de producción	Fuente
C	421	Extensivo, formación de un rancho de doble propósito.	Villegas-Carrasco y Román-Ponce, 1986
1H 3C	363		
1H 1C	459		
3H 1C	489		
1S 1C	448		
1H 1C	533	Centro Tantakín	Rivera, 1998
5H 3C	493	Doble propósito, se utiliza IA, riego de praderas, ordeño mecánico con apoyo del becerro y amamantamiento restringido	
3H 1C	441		
1S 3C	452		
1S 1C	412		
5S 3C	463		
3S 1C	437		
1H 1C	438	Doble propósito, suplementación con melaza y urea y amamantamiento restringido.	Aluja <i>et al.</i> , 1998
5H 3C	497		
3H 1C	453		
C	458	Resultados de cruzamientos experimentales entre razas europeas y <i>Bos indicus</i> en los trópicos de Africa, Asia y Latinoamérica.	Rege, 1998
1BT 7C	430		
1BT 3C	426		
3BT 5C	419		
1BT 1C	415		
5BT 3C	423		
3BT 1C	445		
7BT 1C	466		
BT	456		
1H 3C	546	Primera lactancia, Holstein-Friesian x Guzerat	Madalena <i>et al</i> , 1990
1H 1C	514		
5H 3C	583		
3H 1C	576		
1H 3C	440	Segunda lactancia, Holstein-Friesian x Guzerat	Madalena <i>et al</i> , 1990
1H 1C	435		
5H 3C	459		
3H 1C	427		
C	449	Sistema de doble propósito con un nivel bajo de alimentación en Tabasco	Méndez, 1998
1BT 3C	432		
3BT 5C	439		
1BT 1C	423		
5BT 3C	452		
3BT 1C	466		

¹C= Cebú, H= Holstein, S= Suizo Pardo, BT = Bos taurus

Factores ambientales que afectan la reproducción en clima tropical

Otros factores que afectan la fertilidad de los bovinos tropicales incluyen el número de parto de la vaca, la estación del año en que se presentan los partos, y el año de parto (Villegas-Carrasco y Román-Ponce, 1986; Hernández-Reyes *et al.*, 2001; Sheen y Riesco, 2002).

Número de parto

Diferencias en el comportamiento reproductivo considerado como IEP entre animales jóvenes (animales de primero o segundo parto) y animales con partos posteriores ha sido estudiado intensamente. Al respecto, algunos investigadores (Hinojosa *et al.*, 1980; Rangel, 1984) evaluando diversas cruzas de ganado Cebú con europeo reportan que los valores más altos para IEP los presentan vacas de primero o segundo parto y conforme aumenta la edad del animal su comportamiento reproductivo se mejora.

El comportamiento reproductivo deficiente en animales jóvenes se debe probablemente al retraso en la aparición del celo después del parto en vaquillas lactantes (Hinojosa *et al.*, 1980).

Época de parto

El ambiente que rodea al animal tiene influencia marcada sobre la reproducción, por lo que en situaciones desfavorables es común que se reduzcan o supriman las funciones reproductivas. La existencia de estacionalidad reproductiva se

explica como un fenómeno que se debe a la selección natural y adaptación de los partos a los períodos del año en que las probabilidades de sobrevivencia para las crías son mayores (De Alba, 1970).

La mayor parte de la ganadería en los países tropicales comprende explotaciones extensivas con pastos de pobre calidad y rápida maduración. Por lo tanto, ofrecen escasamente al ganado los nutrimentos para su mantenimiento durante la mayor parte del año. Esta situación se encuentra agravada por los problemas de manejo, enfermedades y parasitismo que hacen más bajas sus tasas productivas y reproductivas.

En el trópico, los períodos alternos de abundancia y escasez de pastos predominan tienen una gran influencia sobre la productividad de los animales, por lo menos en animales que dependen de pastos naturales para su subsistencia. Si las condiciones favorables y desfavorables alternan con regularidad, los animales tienden a desarrollar mecanismos de adaptación que se traducen en períodos de mayor y menor actividad reproductiva de los animales (Peña y Plasse, 1972).

La conveniencia de establecer épocas cortas de apareamiento en explotaciones dedicadas a la producción de carne es bien conocida, por lo cual es necesario establecer dichas épocas en los meses más aptos para la reproducción y producción (Peña y Plasse, 1972).

Resultados de estudios realizados bajo condiciones tropicales, con razas cebuinas permiten concluir que existen diferencias en la actividad reproductiva de las vacas dependiendo de las estaciones del año. Considerando como factor determinante a la precipitación, es posible dividir el año en dos épocas bien definidas: seca y lluviosa, las cuales van a influir aunque en forma indirecta en la actividad reproductiva de los animales, al existir una menor o mayor disponibilidad de forraje, respectivamente (Peña y Plasse, 1972).

Peña y Plasse (1972) reportaron para vacas cebuínas una mayor incidencia de partos en la época seca. Del mismo modo, en Venezuela, Linares y Plasse (1966) trabajando con ganado Brahman, encontraron que 38 y 62% de partos ocurren en época lluviosa y seca, respectivamente. En Guatemala, Sánchez *et al.* (1969) reportaron para la misma raza 36 y 64% de partos en igual orden de época. En México, investigaciones realizadas con ganado Cebú y sus cruza con ganado europeo, concluyeron que la distribución de partos es generalmente homogénea a través del año, a pesar de que existen dos épocas pluviométricas definidas (seca y lluviosa). Ello se explica básicamente por el uso de mejores prácticas de manejo y la selección de animales con características reproductivas deseables (Chavira, 1976; Eversbusch, 1978).

Trabajos llevados a cabo en México por Hinojosa *et al.* (1980) determinaron que los menores intervalos entre partos (375 días) se obtuvieron cuando los animales tuvieron sus crías durante el período de mayor precipitación y disponibilidad de forraje.

Año de parto

El año de parto es una fuente de variación difícil de explicar, cuyo efecto se debe a factores de manejo, ambientales y sus interacciones, que generalmente están confundidos en diversos estudios de este tipo (Osorio-Arce y Segura-Correa, 2005).

Literatura citada

Aluja, A., R. Acosta y A. Pulido. 1998. Comportamiento del ganado Holstein x Cebú en sistemas de lechería tropical. Memoria IV Foro de Análisis de los Recursos Genéticos, Ganadería Bovina de doble propósito. 17-18 de septiembre, Villahermosa, Tab. SAGAR. pp: 85-89.

Álvarez, P., J. Spicer, C. C. Chase, Jr., M. E. Payton, T. D. Hamilton, R. E. Stewart, A. C. Hammond, T. A. Olson, and R. P. Wetteman. 2000. Ovarian and endocrine characteristics during an oestrous cycle in Angus, Brahman, and Senepol cows in a subtropical environment. J. Anim. Sci. 78:1291-1302.

Amstalden, M., D. A. Zieba, J. F. Edwards, G. P. Harms, T. H. Welsh, R. L. Stanko, and G. L. Williams. 2003. Leptin acts at the bovine adenohypophysis to enhance basal and gonadotropin-releasing hormone-mediated release of luteinizing hormone: differential effects are dependent upon nutritional history. Biol. Reprod. 69:1539-1544.

Arije, G. E., J. N. Wiltbank, and M. L. Hopwood. 1974. Hormone levels in pre-and post-parturient beef cows. J. Anim. Sci. 39:338-351.

Basurto, C. H., M. A. Alonso y G. S. González. 1999. Eficiencia reproductiva en vacas cebú en amamantamiento restringido, tratadas con norgestomet y PMSG en empadre estacional en el trópico húmedo. Memorias del XXIII

- Congreso Nacional de Buiatría. Aguascalientes, México, Agosto 1999. Asociación de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos, A.C. pp. 139
- Bo, G. A., P. S. Barusselli, and M. F. Martinez. 2003. Pattern and manipulation of follicular development in *Bos indicus* cattle. Anim. Reprod. Sci. 78:307-326.
- Casas, E. y A. Tewolde. 2001. Evaluación de características relacionadas con la eficiencia reproductiva de genotipos criollos lecheros en el trópico húmedo. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 9:63-67.
- Chavira, S. N. 1976. Comportamiento reproductivo del ganado Cebú y sus cruizas en un hato del estado de Yucatán. Tesis de Maestría en Ciencias. Rama de Ciencia Animal. Colegio Superior de Agricultura Tropical. H. Cárdenas, Tab. 68p.
- Chenoweth, P. J. 1994. Aspects in reproduction in female *Bos indicus* cattle: a review. Aust. Vet. J. 71:422-426.
- Cunningham, E. P. and O. Syrstad. 1987. Crossbreeding *Bos indicus* and *Bos taurus* for milk production in the tropics. FAO no. 68, Roma, 90 p.
- Darwash O. A., G. E. Lamming, and J. A. Woolliams. 1997. Estimation of genetic variation in the interval from calving to postpartum ovulation of dairy cows. J Dairy Sci; 80:1227-1234.
- De Alba, J. 1970. Reproducción y Genética Animal. IICA, OEA. Turrialba, Costa Rica. 446 p.
- Duarte-Ortuño A, W. Thorpe, and A. Tewolde. 1988. Reproductive performance of purebred and crossbred beef cattle in the tropics of Mexico. Anim Prod. 47:11-20.
- Dziuk, P. J. and R. A. Bellows. 1983. Management of reproduction of beef cattle, sheep and pigs. J. Anim. Sci. Vol. 56 (Suppl. 2) :355-379.

- Edqvist, L. E., L. Ekman, B. Gustafsson, And E. D. Johansson. 1973. Peripheral plasma levels of oestrogens and progesterone during late bovine pregnancy. *Acta Endocrinol.* 72:81-88.
- Ellicot, A. R., D. D. M. Gimenez, Henricks and T. E. Kiser. 1979. Influence of suckling on cortisol levels in beef heifers. *J. Anim. Sci.* Vol. 49 (Suppl. 1): 295. 71st ASAS Annual Meeting Junio 17-19. Abstrac.
- Escobar, F. J., L. C. Jara, C. S. Galina y S. Fernández-Baca. 1984. Efecto del amamantamiento sobre la actividad reproductiva posparto en vacas Cebú, Criollas y F₁ (Cebú x Holstein) en el trópico húmedo de México. *Vet. Méx.* 15:243-248.
- Espinoza-García, J. A., J. A. Matus-Gardea, M. A. Martínez-Demián, M. de J. Santiago-Cruz, H. Román-Ponce y L. Bucio-Alanís. 2000. Análisis económico de la tecnología bovina de doble propósito en Tabasco y Veracruz. *Agrociencia* 34:651-661.
- Eversbusch, G. J. CH. 1978. Indices reproductivos en un hato de ganado Charolais comparado con Cebú (raza Brahman) y sus cruas en el trópico mexicano. Tesis Profesional, UNAM. México, D.F.
- García C. R. 2005. Producción de leche de vacas con diferente porcentaje de genes *Bos taurus* en el trópico mexicano. Tesis de Maestría en Ciencias, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México.
- García, M. R., M. Amstalden, S. W. Williams, R. L. Stanko, C. D. Morrison, D. H. Kiesler, S. E. Nizieski, and G. L. Williams. 2002. Serum leptin and its adipose gene expression during pubertal development, the estrous cycle, and different seasons in cattle. *J. Anim. Sci.* 80:2158-2167.

- Gómez, C. H. y A. Tewolde. 1999. Parámetros genéticos para producción de leche, evaluación de sementales y caracterización de fincas lecheras en el trópico húmedo de Costa Rica. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 7:19-37.
- Gómez, C. H., M. A. Tewolde y T. J. Nahed. 2002. Análisis de los sistemas ganaderos de doble propósito en el centro de Chiapas, México. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 10:175-183.
- Guibault, L. A., W. W. Thatcher, and C. J. Wilcox. 1985. Periparturient endocrine changes of conceptus and maternal units in Holstein heifers bearing genetically different conceptuses. J. Anim. Sci. 61:1505-1517.
- Guthrie, M. J. K. A. Naivar, J. S. Velez, D. A. Neuendorff. and R. D. Randel. 1990. Plasma concentrations of 13, 14-dihydro-15-keto prostaglandin F_{2α} during the first 27 days after calving in first-calf and mature cows. J. Anim. Sci. 68 (Suppl. 1):422 Abstrac.
- Hernández-Reyes, E., V. M. Segura-Correa, J. C. Segura-Correa y M. M. Osorio-Arce. 2001. Intervalo entre partos, duración de la lactancia y producción de leche en un hato de doble propósito en Yucatán, México. Agrociencia 35: 699-705.
- Hinojosa, C. A., A. Franco e I. Bolio. 1980. Factores genéticos y ambientales que afectan el intervalo entre partos en un hato comercial en un ambiente tropical sub-húmedo. Prod. Anim. Trop. 5:181-187.
- Hippen, H. E. y F. J. Escobar M. 1984. Efecto de diferentes sistemas de crianza sobre el desarrollo del ternero y la productividad de la vaca en el trópico húmedo de México. Vet. Méx. 15:83-92.
- Humphrey, W. D., C. C. Kaltenbach, T. G. Dunn, D. R. Koritnik, and G. D. Niswender. 1983. Characterization of hormonal patterns in the beef cow during postpartum anestrus. J. Anim. Sci. 56: 445-456.

- Kindahl, H., L. E. Edqvist, K. Larsson, and A. Mlamqvist. 1982. Influence of prostaglandins on ovarian function postpartum. *In: H. Karg and E. Schallenberger Eds.) Factors influencing fertility in the postpartum cow Current topics in Veterinary Medicine and Animal Science) Vol. 20. Martinus Nijhoff, The Hague, The Netherlands. .pp.173-198.*
- Kinder, J. E., E. G. M. Bergfeld, M. E. Wehrman, K. E. Peters, and F. N. Kojima. 1995. Endocrine basis for puberty in heifers and ewes. *In: Reproduction in Domestic Ruminants III. R. J. Scaramuzzi, C. D. Nancarrow, and C. Doberska (Eds.) Dorset Press, Dorsett, U. K. 393 p.*
- Lamming, G. E., D. C. Walters, and A. R. Peters. 1981. Endocrine patterns of the postpartum cow. Online disponible en: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=pubmed&dopt=Abstract&list_uids=6820052&query_hl=3&itool=pubmed_docsum.
- Linares, T. y D. Plasse. 1966. Caracteres reproductivos en un hato Brahman de Venezuela. ALPA. Mem. 1:155-163.
- Linares, T., D. Plasse, M. Burguesa, J. Ordóñez, J. Ríos, O. Verde y M. González. 1974. Comportamiento productivo de *Bos taurus* y *Bos indicus* y sus cruces en el llano venezolano. Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Mem. 9:289-301.
- Lindell, J. O., H. Kindahl, L. Jansson, and L. E. Edqvist, 1982. Postpartum release of prostaglandin F_{2α} and uterine involution in the cow. Theriogenology 17:237-245.
- Lozano, C. A. y O. L. A. Maza. 2002. Evaluación de ganado F1 (Holstein-Sahiwal) en un sistema de doble propósito en el estado de Colima. Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

- Lucy, C. M. 2000. Regulation of ovarian follicular growth by somatotropin and insulin-like growth factors in cattle. *J. Dairy Sci.* 83:1635-1647.
- Lucy, C. M. 2001. Reproductive loss in high-producing dairy cattle: Where will it end?. *J. Dairy Sci.* 84:1277-1293.
- Madalena, F. E. 1993. La utilización sostenible de hembras F1 en la producción de ganado lechero tropical. Estudio FAO III. Producción y Sanidad Animal, FAO. Roma. 87 p.
- Madalena, F. E. 2001. Consideraciones sobre modelos para la predicción del desempeño de cruzamientos en bovinos: Artículo invitado. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 9:108-117.
- Madalena, F. E., A. M. Lemos, R. L. Teodoro, R. T. Barbosa, and J. B. N. Monteiro. 1990. Dairy production and reproduction in Holstein-Friesian and Guzera crosses. *J. Dairy Sci.* 73(7):1872-1886.
- Magaña and Segura-Correa. 2001. Estimates of breed and heterosis effects for some reproductive traits of Brown Swiss and Zebu-related breeds in south-eastern México. *Livestock Research for Rural Development* (13): 5. Online. Disponible en : <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd13/5/maga135.htm>.
- McDowell, R. E., J. C. Wilk, and C. W. Talbott. 1996. Economic viability of crosses of *Bos taurus* and *Bos indicus* for dairying in warm climates. *J. Dairy Sci.* 79:1292-1303.
- Méndez, C. A. A. 1998. Proporción de genes europeos en relación con algunas características productivas en bovinos de doble propósito. Tesis de Maestría en Ciencias, Programa de Ganadería, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
- Moberg, G. P. 1991. How behavioral stress disrupts the endocrine control of reproduction in domestic animals. *J. Dairy Sci.* 74:304-317.

- Murphy, M. G. M. P. Boland, and J. F. Roche. 1990. Pattern of follicular growth and resumption of ovarian activity in post-partum beef cows. *J. Reprod. Fert.* 90:533-542.
- Nagatani, S., Y. Zeng, D. H. Kiesler, D. L. Foster, and C. A. Jaffe. 2000. Leptin regulates pulsatile luteinizing hormone and growth hormone secretion in sheep. *Endocrinology*. 141:3965-3975.
- Obeidat, B. S., M. G. Thomas, D. M. Hallford, D. H. Kiesler, M. K. Petersen, W. D. Bryant, M. D. Garcia, L. Narro, and R. Lopez. 2002. Metabolic characteristics of multiparous Angus and Brahman cows grazing in the Chihuahuan Desert. *J. Anim. Sci.* 80:2223-2233.
- Olson, T. A., A. van Dijk, M. Koger, D. D. Hargrove, and D. E. Franke 1985. Additive and heterosis effects on preweaning traits, maternal ability and reproduction from crossing of the Angus and Brown Swiss in Florida. *J. Anim. Sci.* 61:1121-1127.
- Osorio, A. M. 1998. Caracterización de los sistemas bovinos de doble propósito en el trópico. Observaciones sobre el comportamiento productivo de grupos raciales. Memoria IV Foro de Análisis de los Recursos Genéticos, Ganadería Bovina de doble propósito. 17-18 de septiembre, Villahermosa, Tab. SAGAR, pp. 8-28.
- Osorio-Arce, M. y J. C. Segura-Correa. 2005. Factores que afectan la curva de lactancia de vacas *Bos taurus* x *Bos indicus* en un sistema de doble propósito en el trópico húmedo de Tabasco, México. *Téc. Pec. Méx.* 43:127-137.
- Padilla, F. J., P. H. Román, J. A. Peña y H. Castillo. 1982. Reproducción y producción del ganado lechero europeo x cebú en clima tropical. En: Memorias VIII Congreso Nacional de Buiatría. Veracruz, Ver. pp: 59-62.

- Padilla, R. F. J., P. H. Román, y R. H. Castillo. 1984. Evaluación del comportamiento reproductivo de ganado bovino lechero cruzado con Cebú en clima tropical. *Téc. Pec. Méx.* 47:170-175.
- Patterson, D. J., R. C. Perry, G. H. Kiracofe, R. A. Bellows, R. B. Staigmiller, and L. R. Corah. 1992. Management considerations in heifer development and puberty. *J. Anim. Sci.* 70:4018-4035.
- Peña, N. y D. Plasse. 1972. Distribución de partos a través del año en ganado Brahman y su relación con la precipitación. *ALPA. Mem.* 7:33-46.
- Pérez, H. P., F. M. Solaris, M. García-Winder, M. Osorio-Arce, y J. Gallegos-Sánchez. 2001. Comportamiento productivo y reproductivo de vacas de doble propósito en dos sistemas de amamantamiento en el trópico. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 9:79-85.
- Randel, R. D. 1990. Nutrition and postpartum rebreeding in cattle. *J. Anim. Sci.* 68:853-862.
- Rangel, S. R. 1984. Evaluación de la eficiencia reproductiva en el centro regional tropical de Puyacatengo, Tabasco. Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo. México. 74 p.
- Rege J. E. O. 1998. Utilization of exotic germplasm for milk production in the tropics. *Proceedings of the 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production.* 25:193- 201.
- Rincón, E. J., O. Abreu, S. Labbe y T. Perozo. 1972. Efecto de la edad y producción de leche sobre el período vacío y número de servicios por concepción en vacas limoneras. *Agron. Trop.* 22 (6):587-597.
- Rivera, V. M. 1989. Estudio de un sistema de producción bovina de doble proposito en las huastecas. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Zootecnia. 72 p.

- Rivera, V. M. 1998. Las experiencias del FIRA en cruzamiento de ganado bovino de doble propósito en el trópico a través de los centros de desarrollo tecnológico. Memoria IV Foro de Análisis de los Recursos Genéticos, Ganadería Bovina de doble propósito. 17-18 de septiembre, Villahermosa, Tab. SAGAR, pp: 78-84.
- Rodríguez, H. D., J. E. Kinder, and L. A. Fitzpatrick. 2002. Estradiol regulation of luteinizing hormone secretion in heifers of two breed types that reach puberty at different ages. *Biol. Reprod.* 66:603-609.
- Román, P. H. 1995. Situación actual y retos de la ganadería bovina en el trópico. Memorias XX Symposium de Ganadería Tropical: Alternativas de alimentación del ganado bovino en el trópico. INIFAP. México. pp: 1-10.
- Ruiz, R. J. M. y M. J. C. Avendaño. 1989. Comportamiento de gramíneas tropicales en un jardín de introducción. *Revista Chapingo* 65-66:5-9.
- Sánchez, C., A. Iturbide y O. Cordon. 1969. Caracteres reproductivos de un hato Brahman en Guatemala. *Rev. Fac. Med. Vet. y Zoot.* 2:43-48.
- Schallenberger, E. and D. L. Walters. 1985. Endocrine mechanisms contributing to postpartum anoestrus in dairy and beef cattle. *In*: F. Ellenberger and F. Elsasser (Eds.). *Endocrine Causes of Seasonal and Lactational Anestrous in Farm Animals*. Martinus Hijhoff, Dordrecht, The Netherlands. pp. 206-214.
- Segura C. J. C., y J. A. Hinojosa C. (1986). Eficiencia reproductiva de un hato Cebú comercial bajo condiciones tropicales. I Edad al primer parto. *Vet. Méx.* 17:249-253
- Sheen, R. S. y D. A. Riesco. 2002. Factores que afectan la producción de leche en vacas de doble propósito en trópico húmedo (PUCALLPA): Artículo invitado. *Vet. Perú* 13:25-31.

- Short, R. E., R. A. Bellows, R. B. Staigmiller, J. G. Berardinelli, and E.E. Custer, 1990. Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *J. Anim. Sci.* 68:799-816.
- Simpson, R. B., C. C. Chase Jr., L. J. Spicer, R. K. Vernon, A. C. Hammond, and D. O. Rae. 1994. Effect of exogenous insulin on plasma and follicular insulin-like growth factor I, insulin-like growth factor binding protein activity, and metabolites in ovariectomized Angus and Brahman cows. *Domest. Anim. Endocrinol.* 14:367-380.
- Spicer, L. J. 2002. Leptin: a possible metabolic signal affecting reproduction. *Domestic. Anim. Endocrinol.* 21:251-270.
- Thallman, R. M., L. V. Cundiff, K. E. Gregory, and R. M. Koch. 1999. Germoplasm evaluation in beef cattle-Cycle IV:Postweaning growth and puberty in heifers. *J. Anim. Sci.* 77:2651-2659.
- Thomas, M. G., R. M. Enns, D. M. Hallford, D. H. Kiesler, B. S. Obeidat, C. D. Morrison, J. A. Hernandez, W. D. Bryant, R. Flores, R. Lopez, and L. Narro. 2002. Relationships of metabolic hormones and serum glucose to growth and reproductive development in performance-tested Angus, Brahman, and Brangus bulls. *J. Anim. Sci.* 80:757-767.
- Vaccaro, L. de. 1984. El comportamiento de la raza Holstein Friesian comparada con la Pardo Suizo en cruzamiento con razas nativas en el trópico. Una revisión de literatura. *Prod. Anim. Trop.* 9:93-101.
- Vaccaro, R., D'Enjoy, G. y C. Sabaté. 1999. Curvas de lactancia de vacas Carora y cruzadas Holstein Friesian x Brahman. *Rev. Fac. Ciens. Vets.* 40:37-44.
- Vaccaro, R. y De L. Vaccaro. 1982. Edad al primer parto, reproducción y sobrevivencia prenatal en mestizas Holstein friesian y Pardo suizo en un sistema intensivo en el trópico. *Prod. Anim. Trop.*, 7: 201-207.

- Velez, 1991. Endogenous release of prostaglandin F2 α during postpartum period and its relationship with resumption of ovarian activity in mature Brahman cows. M.S. Thesis. Texas A&M Univ., College Station, TX.
- Villegas-Carrasco, M. del C. y H. Román-Ponce. 1986. Producción de leche durante el proceso de formación de un rancho de doble propósito en el trópico. *Téc. Péc. Méx.* 51:51-61.
- Vite C. C. 2004. Producción de leche y comportamiento reproductivo de vacas de doble propósito pastoreando praderas tropicales con suplementos. Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo Estado de México.
- Walters, D. L., R. E. Short, E. M. Convey, R. B. Staigmiller, T. G. Dunn, and C. C. Kaltenbach. 1982. Pituitary and ovarian function in postpartum beef cows. II. Endocrine changes prior to ovulation in suckled and unsuckled postpartum cows compared in cycling cows. *Biol. Reprod.* 26:647-653.
- Wann. R. A. and R. D. Randel. 1990. Effect of uterine manipulation 35 days after parturition on plasma concentration of 13, 14-dihydro-15-keto-prostaglandin F2 α . *J. Anim. Sci.* 68:1389-1398.
- Webb, R., G. E. Lamming, N. B. Haynes, H. D. Hafs, and J. Manns. 1977. Response of cyclic and postpartum suckled cows to injections of synthetic LH-RH. *J. Reprod. Fert.* 50:203-210.
- Wilcox C. J. 1992. Genetics: Basic concepts. Ch. 1. Pages 1-7. *In: Large Dairy Herd Management.* H. H. Van Horn, and C. J. Wilcox. (Eds.). ADSA. Champaign, IL. 1992.
- Williams, G. L. 1990. Suckling as a regulator of postpartum rebreeding in cattle: a review. *J. Anim. Sci.* 68:831-852.

Capítulo III. Comportamiento Reproductivo de Vacas con Diferente Porcentaje de Genes *Bos taurus* en el Trópico Mexicano

Reproductive Performance of Crossbred Cows with Different Percentages of *Bos taurus* Genes in Tropical Mexico

Mario Díaz Hernández¹

Rufino López Ordaz¹

José Guadalupe García Muñiz¹

Pedro Arturo Martínez Hernández¹

Rafael Núñez Domínguez¹

¹Posgrado en Producción Animal, Universidad Autónoma Chapingo, Km. 38.5 Carretera México- Texcoco, Chapingo, 56230, Estado de México, México.

Resumen

El objetivo fue determinar el porcentaje de genes *Bos taurus* (BT) al cual las vacas presenten el mejor comportamiento en edad al primer parto (EPP), días al primer servicio (DPS), días abiertos (DA) e intervalo entre partos (IEP) de bovinos Cebú y sus cruzas con razas europeas en el trópico mexicano. La información analizada cubrió un periodo de 19 años y se obtuvo de los registros de 570 vacas con diferentes porcentajes de genes BT y *Bos indicus* (BI), fluctuando desde BI puras hasta BT puras. Las vacas pastorearon forrajes tropicales complementados con 2 kg de concentrado comercial suministrado durante la ordeña. Las vacas se ordeñaron en forma mecánica dos veces al día con ayuda de oxitocina. Se ajustó un modelo lineal mixto que incluyó los efectos fijos de número, año y estación de parto, y los efectos aleatorios de semental y vaca anidada en semental; el porcentaje de genes BT se introdujo como covariable. La EPP alcanzó un mínimo (31 meses) cuando el porcentaje de genes BT fue 49%. Los DPS (106 d), DA (166 d) e IEP (14.6 meses) alcanzaron un mínimo para las vacas con 0% de genes BT. La inclusión de genes BT alrededor de 50% mejoró la edad al primer parto de las vacas; sin embargo, los DPS, DA e IEP se incrementaron con la inclusión de cualquier porcentaje de genes BT. Los efectos de incluir genes BT en el comportamiento reproductivo de poblaciones de ganado Cebú localmente adaptadas, deben considerarse para la elección del sistema de cruzamiento más apropiado.

Palabras Clave: Edad al primer parto, Intervalo entre partos, Días al primer servicio, Días abiertos, *Bos taurus*, *Bos indicus*.

Abstract

The objective of this research was to determine the optimum percentage of *Bos taurus* (BT) genes on age at first-calving (AFC), days to first postpartum service (DFPS), days open (DO), and calving interval (CI) of Zebu cows and their crosses with European breeds in a the Mexican tropic. The information analyzed spanned 19 years, and was obtained from records of 570 cows that ranged from purebred *Bos indicus* (BI) to purebred BT. Cows grazed on tropical pastures and were supplemented with 2 kg concentrate per cow per day at milking time. Cows were machine milked twice a day with the help of oxytocin. A mixed linear model that included the fixed effects of number, year and calving season, and the random effects of sire and cow within sire was fit. The percentage of BT genes was included as a covariate. The cows' AFC reached a minimum (31 months) at 49% of BT genes. The cow's DFPS (106 d), DO (166 d), and CI (14.6 months) reached a minimum for cows with 0% of BT genes. The inclusion of BT genes at around 50% improved AFC; however, any percentage of BT genes beyond 0% increased DFPS, DO, and CI. The effects of including BT genes on the reproductive performance of locally adapted Zebu cattle populations should be considered when choosing the most appropriate crossbreeding system.

Key Words: Age at first calving, Calving interval, Days to first service, Days open, *Bos taurus*, *Bos indicus*.

Introducción

La información insuficiente relacionada con los sistemas de cruzamientos locales es un factor limitante para el mejoramiento de las condiciones productivas de las poblaciones bovinas de doble propósito (SDP) en ambientes tropicales. La ventaja de las vacas producto de las cruzas de *Bos taurus* x *Bos indicus* sobre las vacas BT o BI puras ha sido demostrada en varios ambientes (Madalena, 1993; García, 2005). A pesar de lo anterior, todavía persisten algunos conflictos que empañan la expresión de las técnicas aplicadas a la producción. Por ejemplo, todavía persiste la dificultad de conseguir los animales F₁ para reemplazo y de mantener las razas europeas puras en condiciones tropicales.

Los problemas de adaptación al medio tropical de las razas bovinas europeas se deben fundamentalmente a efectos del clima, manejo, alimentación, parásitos y enfermedades. La menor adaptación de los genotipos europeos al clima tropical los pone en desventaja en relación con el comportamiento reproductivo de las razas cebuínas localmente adaptadas.

Los efectos ambientales mencionados también afectan a las razas nativas, de ahí que los conocimientos derivados de investigaciones sobre eficiencia reproductiva en el trópico, tanto en razas nativas como en las exóticas y sus cruces, sean de suma importancia para adoptar prácticas que incrementen la productividad de los SDP. Con base en lo anterior, el objetivo del presente estudio fue determinar el porcentaje de genes *Bos taurus* (BT) al cual las vacas

presenten el mejor comportamiento en edad al primer parto (EPP), días al primer servicio (DPS), días abiertos (DA) e intervalo entre partos (IEP) de bovinos Cebú y sus cruzas con razas europeas en el trópico mexicano.

Materiales y Métodos

Origen y descripción de la información

El presente estudio se realizó con datos registrados entre 1991 y 2004 con información de 1,704 partos de 570 vacas cebuinas (C) o sus cruzas con animales europeos (EU, *Bos taurus*) del rancho ganadero “La Carolina”. El rancho está ubicado en el Municipio de Centro, Tabasco y se localiza a 18°20' N y 93° 15' W. De acuerdo con García (1981), el clima del sitio se clasifica como Am(f)w''(i')g, que corresponde a un cálido-húmedo con abundantes lluvias en verano (precipitación media anual de 2,237 mm), temperatura media anual de 33.6 °C, con mayo como el mes más cálido y enero el más fresco.

La superficie del rancho es de 361 hectáreas, de las cuales 290 son pradera con pastos nativos y 71 son cuerpos de agua. El 80% de la superficie del rancho son lomeríos con suelo arcillo-arenoso ferroso ligeramente ácido y el 20% restante son planicies con suelo migajón arcillo-arenoso ligeramente alcalino.

En el momento del estudio el hato contaba con 220 vacas en ordeña y la información para las variables analizadas provino de vacas con diferentes porcentajes de genes de distintas razas de Cebú y varias razas de ganado

europeo, fluctuando desde Cebú puro hasta europeo puro. Los genotipos de los padres, de la vaca, y los porcentajes de heterosis y de genes BT, así como el número de vacas para cada genotipo se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Genotipo del padre, la madre y la vaca, porcentaje de heterosis y de genes *Bos taurus* (BT) en la vaca y número de vacas utilizadas en el estudio

Genotipo padre	Genotipo madre	Genotipo de la vaca	Porcentaje de:		Vacas por genotipo
			Heterosis	Genes BT	
CEBÚ	CEBÚ	CEBÚ-CEBÚ	0	0	21
1/4EU	CEBÚ	1/4EU-CEBÚ	25	12.5	2
CEBÚ	1/4EU	CEBÚ-1/4EU	25	12.5	8
1/4EU	1/8EU	1/4EU-1/8EU	31.25	18.75	2
CEBÚ	3/8EU	CEBÚ-3/8EU	37.5	18.75	5
1/2EU	CEBÚ	1/2EU-CEBÚ	50	25	26
1/4EU	1/4EU	1/4EU-1/4EU	37.5	25	17
CEBÚ	1/2EU	CEBÚ-1/2EU	50	25	103
1/2EU	1/8EU	1/2EU-1/8EU	50	31.25	1
1/4EU	3/8EU	1/4EU-3/8EU	43.75	31.25	4
5/8EU	CEBÚ	5/8EU-CEBÚ	62.5	31.25	1
CEBÚ	5/8EU	CEBÚ-5/8EU	62.5	31.25	15
1/4EU	7/16EU	1/4EU-7/16EU	46.88	34.375	1
1/2EU	1/4EU	1/2EU-1/4EU	50	37.5	7
1/4EU	1/2EU	1/4EU-1/2EU	50	37.5	9
3/4EU	CEBÚ	3/4EU-CEBÚ	75	37.5	12
5/8EU	1/8EU	5/8EU-1/8EU	59.38	37.5	2
CEBÚ	3/4EU	CEBÚ-3/4EU	75	37.5	18
1/4EU	9/16EU	1/4EU-9/16EU	53.13	40.625	1
5/8EU	3/16EU	5/8EU-3/16EU	57.81	40.625	1
1/2EU	3/8EU	1/2EU-3/8EU	50	43.75	4
1/4EU	5/8EU	1/4EU-5/8EU	56.25	43.75	1
5/8EU	1/4EU	5/8EU-1/4EU	56.25	43.75	6
5/8EU	5/16EU	5/8EU-5/16EU	54.69	46.875	1
1/2EU	SB	1/2EU-SB	50	50	2
1/2EU	1/2EU	1/2EU-1/2EU	50	50	34
1/4EU	3/4EU	1/4EU-3/4EU	62.5	50	5
1/4EU	SB	1/4EU-SB	75	50	1
3/4EU	1/4EU	3/4EU-1/4EU	62.5	50	9
5/8EU	3/8EU	5/8EU-3/8EU	53.13	50	1
AFS	1/2EU	AFS-1/2EU	50	50	2
CEBÚ	EU	CEBÚ-EU	100	50	7
EU	CEBÚ	EU-CEBÚ	100	50	91
1/2EU	9/16EU	1/2EU-9/16EU	50	53.125	1
1/2EU	5/8EU	1/2EU-5/8EU	50	56.25	1
3/4EU	3/8EU	3/4EU-3/8EU	56.25	56.25	4
1/2EU	3/4EU	1/2EU-3/4EU	50	62.5	5
1/4EU	EU	1/4EU-EU	75	62.5	2
3/4EU	1/2EU	3/4EU-1/2EU	50	62.5	47
5/8EU	5/8EU	5/8EU-5/8EU	46.88	62.5	5
AFS	5/8EU	AFS-5/8EU	37.5	62.5	1
EU	1/4EU	EU-1/4EU	75	62.5	25
5/8EU	11/16EU	5/8EU-11/16EU	45.31	65.625	1
3/4EU	5/8EU	3/4EU-5/8EU	43.75	68.75	4
EU	3/8EU	EU-3/8EU	62.5	68.75	7
3/4EU	3/4EU	3/4EU-3/4EU	37.5	75	3
EU	1/2EU	EU-1/2EU	50	75	30
3/4EU	EU	3/4EU-EU	25	87.5	1
EU	3/4EU	EU-3/4EU	25	87.5	1
EU	EU	EU-EU	0	100	12
Total					570

Los genotipos con genes de razas cebuinas, en su mayoría fueron de la raza Gyr (80%) y Brahman e Indobrasil (20%); mientras que los genes europeos

provinieron de la raza Holstein (60%), Simmental (20%), y el resto de Suizo Pardo y Jersey.

Animales y manejo

Las vacas se ordeñaron dos veces por día (7:00 y 14:00 h) sin la presencia del becerro y con la ayuda de 0.25 mL de oxitocina, en una sala de ordeña en paralelo doble 16 con máquinas en péndulo con pesadores individuales de leche tipo Waikato®. Las vacas ingresan a la línea de ordeño al segundo día después del parto.

La alimentación de las vacas fue mediante pastoreo rotacional con ayuda de cercos eléctricos de praderas tropicales (*Digitaria decumbens*, *Brachiaria decumbens*, *Cynodon dactylon*), gramas nativas (*Paspalum spp*), además de la suplementación con minerales y 2 kg de alimento concentrado comercial por vaca por día al momento de la ordeña.

El manejo reproductivo del hato consistió de dos empadres controlados, con el uso de inseminación artificial (57%) y monta natural (43%). Se realizaron empadres entre animales de la misma raza y entre razas, ya que en esta explotación el productor desea, a través de su sistema de cruzamiento, obtener vacas con alrededor del 62.5% de genes BT. Con base en la proporción de genes BT de la vaca, a ésta se le asigna un semental que mantenga o acerque a la cría a la proporción de genes BT antes indicada. Durante el periodo de empadre las hembras se agrupan en lotes de vacas y vaquillas, y se les

asignan los sementales correspondientes. En cada uno de los años que se contó con información de los empadres, el primero en los meses de marzo y abril, y el segundo en el mes de junio, con una duración aproximada de 50 días por empadre.

La información reproductiva de cada vaca en el hato se monitoreó diariamente, y la producción de leche individual se registró semanalmente. La crianza de las becerras es de manera artificial, las crías se retiran de la vaca al momento de nacer, son calostradas y alimentadas con leche además de ofrecerles alimento concentrado. Las vaquillas se empadran a partir de que alcanzan los 300 kg y con una edad mínima de 15 meses.

Variables de respuesta

La información de edad al primer parto comprendió un total de 570 registros, que correspondieron a la misma cantidad de vacas, hijas de 116 sementales.

La información de los días al primer servicio, días abiertos e intervalo entre partos comprendió un total de 1,704, 1,297 y 1,546 observaciones, respectivamente. El número de vacas y sementales representados en cada caso fueron, respectivamente 551 y 114 para días al primer servicio posparto, 420 y 97 para días abiertos, y 447 y 100 para intervalo entre partos.

Análisis estadístico

En principio se obtuvieron los estadísticos descriptivos (Cuadro 5), de edad al primer parto, días al primer servicio, días abiertos e intervalo entre partos.

Cuadro 5. Estadísticos descriptivos para las variables evaluadas

Variable ¹	n	Mínimo	Máximo	Media	Desv. est.	C.V.
EPP (meses)	570	24.7	55.4	36.0	4.5	12.5
DPS	1704	41.0	485.0	139.3	104.7	75.1
DA	1297	41.0	799.0	178.8	132.1	73.8
IEP (meses)	1546	10.0	38.8	15.1	4.4	29.0

¹EPP = Edad al primer parto; DPS = Días al primer servicio posparto; DA = Días abiertos; IEP = Intervalo entre partos

Para la edad al primer parto se ajustó el siguiente modelo mixto:

$$Y_{ijkl} = \mu + AN_i + EN_j + S_k + b_1(PCTGEU - \mu_{PCTGEU}) + b_2(PCTGEU - \mu_{PCTGEU})^2 + e_{ijkl}$$

Donde:

μ es la media general;

AN_i es el efecto fijo del i-ésimo año de nacimiento de la vaca ($i = 1990, 1991, \dots, 2000$);

EN_j es el efecto fijo de la j-ésima estación de nacimiento de la vaca [$j = \text{lluvias (junio a diciembre), seca (enero a mayo)}$];

S_k es el efecto aleatorio del k-ésimo semental ($k = 1, \dots, 116$) $\approx NI(0, \sigma_s^2)$;

PCTGEU es el porcentaje de genes de razas europeas como covariable;

b_1 y b_2 es el coeficiente de regresión lineal y cuadrático asociado con el porcentaje de genes de razas europeas;

μ_{PCTGEU} es la media estimada de la covariable porcentaje de genes de razas europeas; y

e_{ijkl} es el error aleatorio $\approx NI(0, \sigma_e^2)$.

Los días al primer servicio, días abiertos e intervalo entre partos se analizaron con el modelo lineal mixto que a continuación se indica:

$$Y_{ijklmn} = \mu + AP_i + EP_j + NP_k + S_l + V(S)_{lm} + b_1(\text{PCTGEU} - \mu_{\text{PCTGEU}}) + b_2(\text{PCTGEU} - \mu_{\text{PCTGEU}})^2 + e_{ijklmn}$$

Donde:

μ es la media general;

AP_i es el efecto fijo del i-ésimo año de parto de la vaca ($i =$ de 1994, 1995,..., 2001);

EP_j es el efecto fijo de la j-ésima estación de parto de la vaca ($j =$ lluvias, seca);

NP_k es el efecto fijo del k-ésimo número de parto de la vaca ($k = 1, 2, \dots, 5+$);

S_l es el efecto aleatorio del l-ésimo semental ($l = 1, \dots, 97$) $\approx NI(0, \sigma_s^2)$;

$V(S)_{lm}$ es el efecto aleatorio de la m-ésima vaca anidada en el l-ésimo semental $\approx NI(0, \sigma_{v(s)}^2)$; y

e_{ijklmn} es el error aleatorio $\approx NI(0, \sigma_e^2)$

Para los efectos principales y las interacciones significativas ($P < 0.05$) de primer orden, las medias de cuadrados mínimos se obtuvieron con el enunciado LSMEANS y se compararon utilizando la prueba de Tukey. Para la covariable PCTGEU se obtuvieron los estimadores insesgados de los coeficientes de regresión respectivos. Las soluciones de los efectos fijos del análisis de varianza obtenidos con PROC MIXED (SAS, 2001) se utilizaron para calcular el valor del intercepto de las ecuaciones de regresión respectivas para graficar las covariable PCTGEU con cada una de las variables de respuesta.

Resultados y Discusión

El nivel de significancia (probabilidad) para los efectos principales, interacciones de primer orden y de la covariable porcentaje de genes de razas europeas para las variables evaluadas se presenta en el Cuadro 6. Varias de las interacciones entre efectos principales fueron significativas; sin embargo, dado que la mayoría no son repetibles (como es el caso de las que tienen año de parto o año de nacimiento), los resultados se centran sólo en los efectos principales y en el efecto de la covariable porcentaje de genes *Bos taurus*.

Cuadro 6. Nivel de significancia (Probabilidad) de los efectos fijos, interacciones de primer orden y los efectos lineal y cuadrático de la covariable porcentaje de genes *Bos taurus* para las diferentes variables evaluadas en vacas de distintos genotipos en clima tropical

Fuente de variación	Variables de respuesta ¹			
	EPP	DPS	DA	IEP
Número de parto (NP)	N I	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Año de parto (AP)	N I	0.0025	<0.0001	<0.0001
Época de parto (EP)	N I	<0.0001	<0.0001	<0.0001
NP*AP	N I	0.0007	<0.0001	0.0032
AP*EP	N I	0.0301	0.0025	0.0091
Año de nacimiento	<0.0001	N I	N I	N I
Época de nacimiento	0.1855	N I	N I	N I
Porcentaje de genes <i>Bos taurus</i> (lineal)	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Proporción de genes <i>Bos taurus</i> (cuadrático)	<0.0001	N I	N I	N I

¹ EPP= Edad al primer parto, DPS= Días al primer servicio posparto, DA= Días abiertos, IEP= Intervalo entre partos.
NI= No se incluyó

Efectos Ambientales

Los días al primer servicio posparto, días abiertos, así como el largo del intervalo entre partos alcanzaron valores máximos ($P<0.05$) en las vacas de primer parto (Cuadro 7). Los días al primer servicio posparto se redujeron gradualmente conforme las vacas pasaron del primero al cuarto parto, siendo este último donde se registró el menor valor (108 d); luego del cuarto parto se dio un ligero incremento en esta variable. Los días abiertos y el largo del intervalo entre partos se redujeron ($P<0.05$) del primero al segundo parto, pero ya no mostraron cambios a través de los otros partos.

Cuadro 7. Medias de cuadrados mínimos ($\pm$ error estándar) para los efectos de número y época de parto para las variables días al primer servicio posparto, días abiertos e intervalo entre partos (IEP), de vacas con diferentes porcentajes de genes *Bos taurus* en clima tropical

Efecto	Días al 1 ^{er} Servicio	Días abiertos	IEP (Meses)
Número de parto			
1	197.1 $\pm$ 5.9 ^a	264.2 $\pm$ 8.1 ^a	17.9 $\pm$ 0.27 ^a
2	145.6 $\pm$ 6.9 ^b	190.0 $\pm$ 9.6 ^b	15.5 $\pm$ 0.31 ^b
3	128.4 $\pm$ 8.1 ^{bc}	179.8 $\pm$ 11.0 ^b	15.1 $\pm$ 0.37 ^b
4	107.6 $\pm$ 9.0 ^{cd}	159.9 $\pm$ 12.2 ^b	14.7 $\pm$ 0.38 ^b
5 ó mas	139.9 $\pm$ 7.8 ^{bc}	186.3 $\pm$ 10.0 ^b	15.4 $\pm$ 0.33 ^b
Época de parto ¹			
Lluvias	160.6 $\pm$ 6.7 ^a	220.7 $\pm$ 9.1 ^a	16.3 $\pm$ 0.29 ^a
Seca	126.9 $\pm$ 4.6 ^b	171.7 $\pm$ 6.1 ^b	15.1 $\pm$ 0.21 ^b

¹ Época de parto: Lluvias = junio a diciembre; Seca = enero a mayo.

^{a,b,c} Medias con diferente literal dentro de columna y efecto son diferentes ($P < 0.05$).

El comportamiento reproductivo deficiente en animales jóvenes (de primer parto) se debe probablemente al retraso en la aparición del celo después del parto en vaquillas lactantes (Hinojosa *et al.*, 1980), y a que los animales del primer parto no han terminado de crecer y alcanzar su tamaño maduro. Los resultados obtenidos en el presente estudio coinciden con los reportados por otros autores (Hinojosa *et al.*, 1980; Rangel, 1984) quienes reportan un menor comportamiento reproductivo posparto en animales de primer parto.

El año de nacimiento influyó ($P < 0.05$) en la EPP mientras que el año de parto influyó ($P < 0.05$) en DPS, DA e IEP, lo cual sugiere diferencias a través de los años en cuanto a disponibilidad de forraje y manejo de los animales. El efecto de año es una fuente de variación difícil de explicar, cuyo efecto se debe a factores de manejo, ambientales y sus interacciones, que generalmente están confundidos (Osorio-Arce y Segura-Correa, 2005).

La época de nacimiento no influyó ($P > 0.05$) en la edad al primer parto de las vacas. En contraste, se observó un mejor ($P < 0.05$) comportamiento

reproductivo para las vacas que parieron en la época seca. En comparación con las vacas paridas en la época lluviosa, las paridas en la época seca mostraron 33 menos DPS, 49 menos DA y 1.2 meses menos de IEP (Cuadro 7). Los resultados anteriores se deben a que cuando las condiciones favorables y desfavorables alternan con regularidad, los animales tienden a desarrollar mecanismos de adaptación que se traducen en períodos de mayor o menor actividad reproductiva (Peña y Plasse, 1972).

Efecto del porcentaje de genes *Bos Taurus*

La EPP disminuyó conforme la proporción de genes *Bos taurus* se incrementó, para alcanzar un mínimo (31 meses) cuando el porcentaje de genes estuvo aproximadamente en 49%. Posteriormente, y conforme el porcentaje de genes europeos se continuó incrementando, la EPP también mostró un incremento para alcanzar un valor de 35 meses en las vacas con 100% de genes europeos; edad que fue similar a la mostrada por las vacas con 0% de genes europeos (Figura 1). En esta variable el comportamiento reproductivo de las vacas puras *Bos indicus* o *Bos taurus* fue muy similar y sólo con el cruzamiento entre estos genotipos mejoró la EPP.

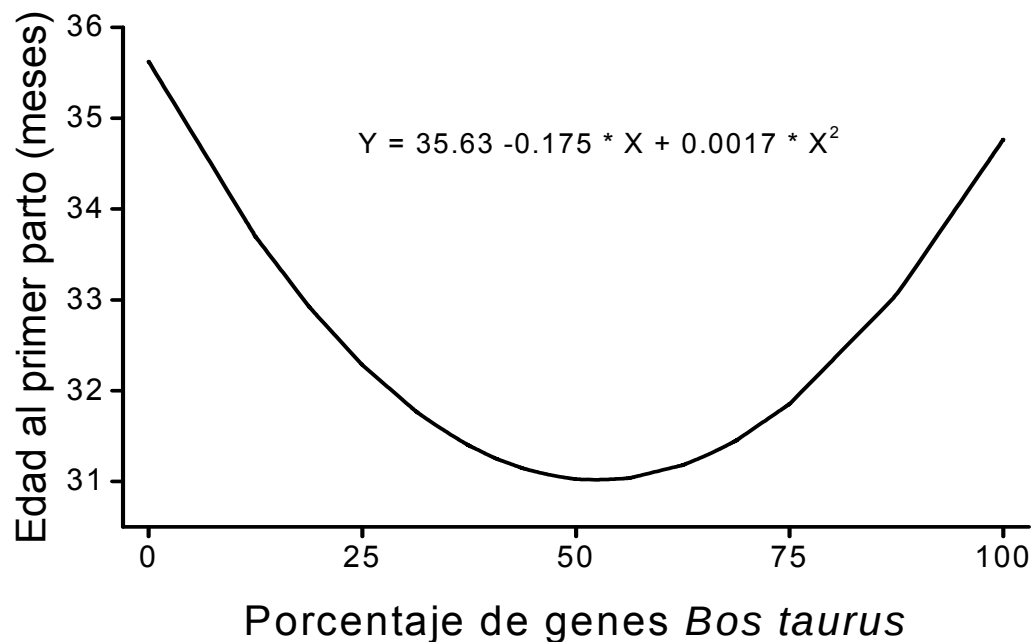


Figura 1. Efecto del porcentaje de genes *Bos taurus* en la edad al primer parto de vacas de doble propósito en condiciones del trópico mexicano.

Los resultados de EPP, se explican parcialmente por las diferencias en crecimiento, madurez sexual y adaptación que se presentan entre *Bos taurus* y *Bos indicus*. Por ejemplo, Martin *et al.* (1992) observaron que los animales *Bos indicus* maduran reproductivamente a tasas más bajas que las vaquillas con genes europeos. López *et al.* (2005) observaron que vaquillas Brahman, Angus y Brangus presentaron una tasa de madurez sexual diferente, de forma que las Angus alcanzaron la pubertad a una edad menor que las Brangus y Brahman.

Los resultados de EPP de este estudio coinciden con lo obtenido por Osorio (1998), Rege (1998), Rivera (1998) y Thorpe *et al.* (1993), quienes encontraron disminuciones similares en la EPP a medida que los animales presentaron

porcentajes crecientes de genes BT, siendo el genotipo $\frac{1}{2}$ BT $\frac{1}{2}$ BI el que presentó la menor EPP.

Los días al primer servicio posparto y los días abiertos fueron mínimos para las vacas con 0% de genes europeos (148 y 196 d, respectivamente). Conforme se incrementó el porcentaje de genes europeos en los animales, ambas variables se incrementaron de forma lineal hasta los máximos de 224 y 320 d, respectivamente, para genotipos con 100% de genes europeos (Figura 2). En estas variables el comportamiento reproductivo de las vacas puras *Bos indicus* fue el mejor que vacas con cualquier cruzamiento con *Bos taurus*.

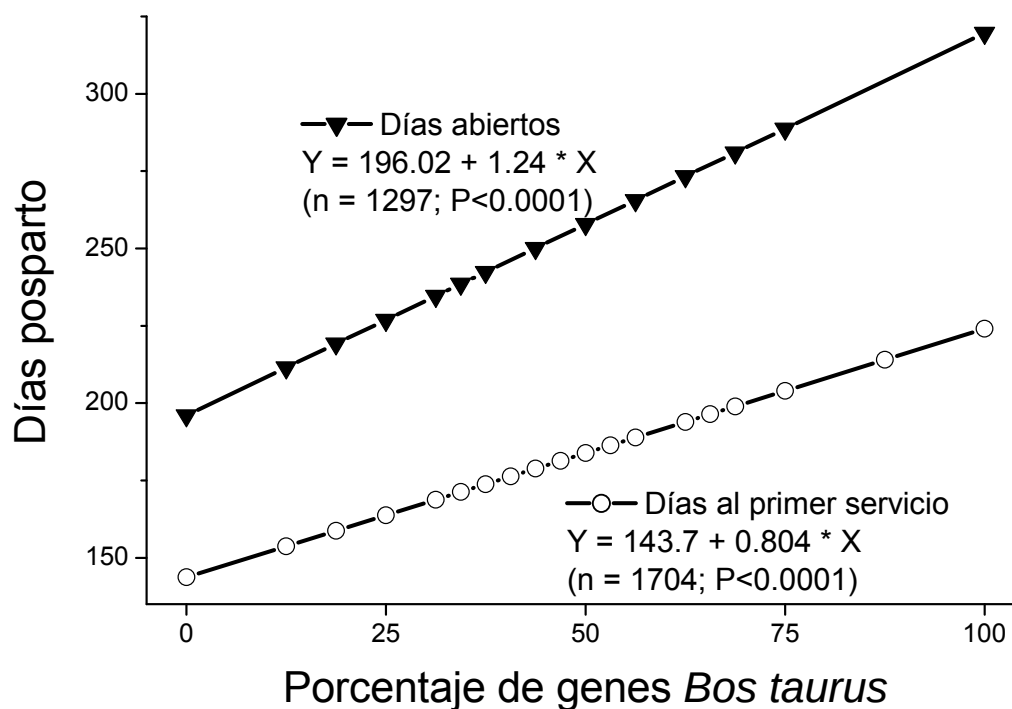


Figura 2. Efecto del porcentaje de genes *Bos taurus* en los días al primer servicio posparto y días abiertos de vacas de doble propósito en condiciones del trópico mexicano.

Los resultados obtenidos para DPS y DA coinciden con los reportados por Padilla *et al.* (1984), Villegas-Carrasco y Román-Ponce (1986) y Aluja *et al.* (1998), quienes reportaron incrementos en los días abiertos a medida que se incrementó la proporción de genes *Bos taurus*, sin embargo contrastan con Hippen y Escobar (1984) y Escobar *et al.* (1984) quienes reportan disminución en los días abiertos con incrementos en la proporción de genes europeos.

El mejor comportamiento reproductivo del genotipo Cebú observado en el presente estudio se explica fundamentalmente por la mayor adaptación que éste tiene al ambiente tropical. Al respecto, Chenoweth (1994) señaló que los bovinos *Bos indicus* se adaptan mejor a los ambientes tropicales, lo cual explica las diferencias en comportamiento reproductivo posparto de las hembras *Bos indicus* y *Bos taurus*.

El IEP fue mínimo (15.7 meses) para las vacas con 0% de genes europeos. A medida que se incrementó el porcentaje de genes europeos en los animales también se incrementó el IEP hasta alcanzar un máximo de 19.4 meses para vacas con 100% de genes europeos (Figura 3). En esta variable el comportamiento reproductivo de las vacas puras *Bos indicus* fue mejor que en vacas con cualquier cruzamiento con *Bos taurus*.

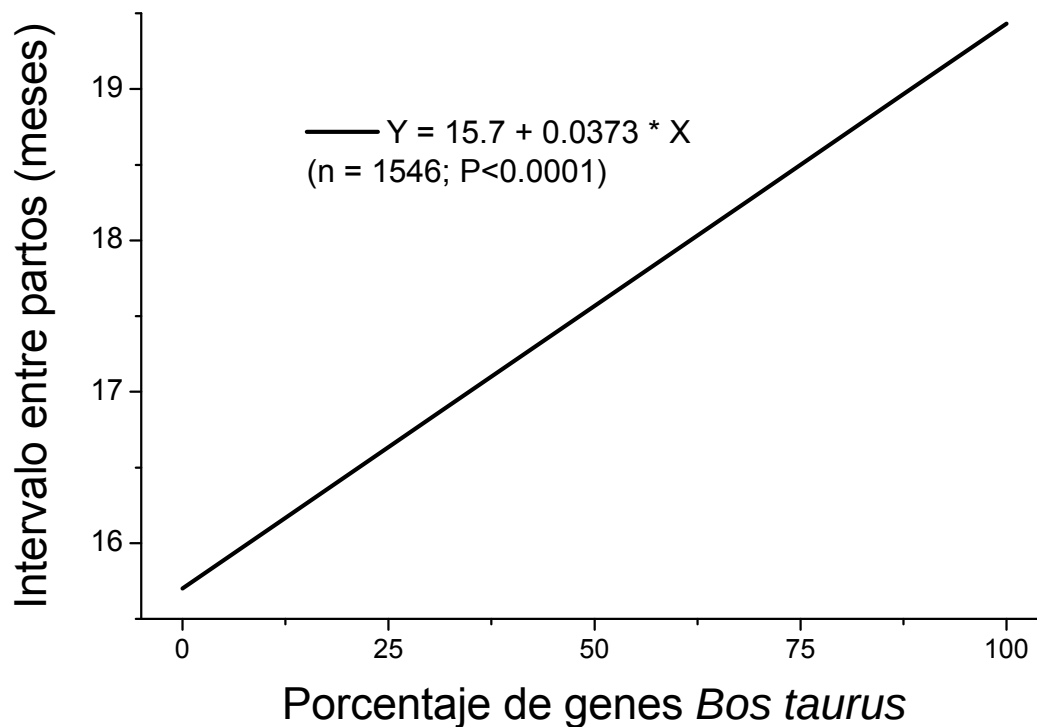


Figura 3. Efecto del porcentaje de genes *Bos taurus* en el intervalo entre partos de vacas de doble propósito en condiciones del trópico mexicano.

El IEP es un indicador de la productividad de una vaca por día de vida en el hato. Esencialmente, el IEP depende de dos componentes: el número de días abiertos y la duración de la gestación. Basado en que la duración de la gestación tiende a ser constante, el componente más influyente en el IEP es el número de días abiertos. Duarte-Ortuño *et al.* (1988) indicaron que el IEP no está asociado con factores hereditarios, en virtud de que el índice de herencia para dicha variable es cercano a cero en bovinos de doble propósito. El incremento en días abiertos en animales con mayor porcentaje de genes europeos se explica parcialmente por un incremento en la producción de leche de estos genotipos (García, 2005).

Los resultados del presente estudio coinciden con los obtenidos por Villegas-Carrasco y Román-Ponce (1986) y Aluja *et al.* (1998), quienes reportaron alargamiento del IEP a medida que se incrementó la proporción de genes *Bos taurus*. Sin embargo, los resultados del presente estudio no coinciden con lo observado por Rege (1998) y Rivera (1998), quienes encontraron que los animales con menor proporción de genes exóticos presentaron IEP más largos. Finalmente, en una revisión de trabajos sobre cruzamiento en diferentes partes del mundo, Cunningham y Syrstad (1987) reportaron que el IEP no presenta un comportamiento claro a medida que se incrementa la proporción de genes *Bos taurus*.

Conclusiones

La edad al primer parto de las vacas alcanzó un mínimo con 50% de genes *Bos taurus*, mientras que los días al primer servicio posparto, los días abiertos y el intervalo entre partos se alargaron a medida que se pasó de *Bos indicus* puro a cualquier porcentaje de genes *Bos taurus*. Lo anterior sugiere que, para la elección del sistema de cruzamiento más apropiado para poblaciones de ganado Cebú en condiciones tropicales, deben considerarse cuidadosamente los efectos de incluir genes *Bos taurus* en el comportamiento reproductivo de los animales.

Literatura citada

- Aluja, A., R. Acosta y A. Pulido. 1998. Comportamiento del ganado Holstein x Cebú en sistemas de lechería tropical. Memoria IV Foro de Análisis de los Recursos Genéticos, Ganadería Bovina de doble propósito. 17-18 de septiembre, Villahermosa, Tab. SAGAR pp: 85-89.
- Chenoweth, P. J. 1994. Aspects in reproduction in female *Bos indicus* cattle: a review. Aust. Vet. J. 71:422-426.
- Cunningham, E. P., and O. Syrstad. 1987. Crossbreeding *Bos indicus* and *Bos taurus* for milk production in the tropics. FAO no. 68. Roma. 90 p.
- Duarte-Ortuño, A. W. Thorpe, and A. Tewolde. 1988. Reproductive performance of purebred and crossbred beef cattle in the tropics of Mexico. Anim Prod. 47:11-20.
- Escobar, F. J., L. C. Jara, C. S. Galina y S. Fernández-Baca. 1984. Efecto del amamantamiento sobre la actividad reproductiva posparto en vacas Cebú, Criollas y F₁ (Cebú x Holstein) en el trópico húmedo de México. Vet. Méx. 15:243-248.
- García C., R. 2005. Producción de leche de vacas con diferente porcentaje de genes *Bos taurus* en el trópico mexicano. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Edo. de México. 60 p.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen, Instituto de Geografía, UNAM. México. 252 p.

- Hinojosa, C. A., A. Franco e I. Bolio. 1980. Factores genéticos y ambientales que afectan el intervalo entre partos en un hato comercial en un ambiente tropical sub-húmedo. *Prod. Anim. Trop.* 5:181-187.
- Hippen, H. E. y F. J. Escobar M. 1984. Efecto de diferentes sistemas de crianza sobre el desarrollo del ternero y la productividad de la vaca en el trópico húmedo de México. *Vet. Méx.* 15:83-92.
- López, R., M. G. Thomas, D. M. Hallford, D. H. Kiesler, B. S. Obeidat, M. D. Garcia, and C. R. Krehbiel. 2005. Growth, reproduction, and metabolic hormone characteristics of Angus, Brangus, and Brahman heifers weaned from cow-calf production systems in semiarid climates. *J. Anim. Sci.* (En prensa).
- Martin C., S. Brinks, M. Bourdon, and L. V. Cundiff. 1992. Genetics effects on beef heifer puberty and subsequent reproduction. *J. Anim. Sci.* 70:4006-4017.
- Madalena, F. E. 1993. La utilización sostenible de hembras F1 en la producción de ganado lechero tropical. Estudio FAO III. Producción y Sanidad Animal, FAO. Rome. 87 p.
- Osorio-Arce, M. y J. C. Segura-Correa. 2005. Factores que afectan la curva de lactancia de vacas *Bos taurus* x *Bos indicus* en un sistema de doble propósito en el trópico húmedo de Tabasco, México. *Téc. Pec. Méx.* 43:127-137.
- Osorio A., M. 1998. Caracterización de los sistemas bovinos de doble propósito en el trópico. Observaciones sobre el comportamiento productivo de grupos raciales. Memoria IV Foro de Análisis de los Recursos Genéticos, Ganadería Bovina de doble propósito. 17-18 de septiembre, Villahermosa, Tabasco. SAGAR pp: 8-28.

- Padilla, R. F. J., H. Román P. y R. H. Castillo. 1984. Evaluación del comportamiento reproductivo de ganado bovino lechero cruzado con Cebú en clima tropical. *Téc. Pec. Méx.* 47:170-175.
- Peña, N. y D. Plasse. 1972. Distribución de partos a través del año en ganado Brahman y su relación con la precipitación. *ALPA. Mem.* 7:33-46.
- Rangel S., R. 1984. Evaluación de la eficiencia reproductiva en el centro regional tropical de Puyacatengo. Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 74 p.
- Rege J. E. O. 1998. Utilization of exotic germplasm for milk production in the tropics. *Proceedings of the 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production.* 25:193- 201.
- Rivera V., M. 1998. Las experiencias del FIRA en cruzamiento de ganado bovino de doble propósito en el trópico a través de los centros de desarrollo tecnológico. Memoria IV Foro de Análisis de los Recursos Genéticos, Ganadería Bovina de Doble Propósito. 17-18 de septiembre, Villahermosa, Tabasco. SAGAR pp: 78-84
- SAS. 2001. The SAS System for Windows. Versión 8.2. SAS Institute Inc.. Cary. NC., USA.
- Thorpe, W., P. Kang'ethe, , E.O. Rege, R. O. Mosi, A. J. Mwandotto, and P. Njuguna, 1993 Crossbreeding Ayrshire, Friesian and Sahiwal cattle for milk yield and preweaning traits of progeny in the semiarid tropics of Kenya. *J. Dairy Sci.* 76:2001-2012.
- Villegas-Carrasco, M. del C. y H. Román-Ponce. 1986. Producción de leche durante el proceso de formación de un rancho de doble propósito en el trópico. *Téc. Péc. Méx.* 51:51-61.