

ANÁLISIS PRODUCTIVO Y REPRODUCTIVO DE VACAS *Bos taurus* x *Bos indicus* DE DOBLE PROPÓSITO EN CLIMA SUBTROPICAL HÚMEDO

Productive and Reproductive Analysis of Dual-Purpose *Bos taurus* x *Bos indicus* Cows in Subtropical Humid Climate

René Calderón-Chagoya¹, René Carlos Calderón-Robles², Ángel Ríos-Utrera³, Moisés Montaña-Bermúdez⁴, Juvencio Lagunes-Lagunes⁵ y Vicente Eliezer Vega-Murillo^{3*}

¹FMVZ, UNAM. Circuito Exterior Ciudad Universitaria s/n, Universidad Nacional Autónoma de México, Coyoacán, Distrito Federal, México, 04510. ²Sitio experimental Las Margaritas, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Kilómetro 9.5 carretera Hueytamalco-Tenampulco, Hueytamalco, Puebla, México, 73580. ³Campo Experimental La Posta, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Kilómetro 22.5 carretera federal Veracruz-Córdoba, Paso del Toro, Veracruz, México, 94277. Correo-electrónico: vega.vicente@inifap.gob.mx. ⁴CENID Fisiología y Mejoramiento Animal, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Kilómetro 1 carretera a Colón, Ajuchitlán, Colón, Querétaro, México, 76280. ⁵CIPEP, A.C. Kilómetro 9.5 carretera Hueytamalco-Tenampulco, Hueytamalco, Puebla, México, 73580.

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el efecto de algunos factores ambientales sobre la producción de leche (por lactancia, por día (d), y por día interparto), la duración de la lactancia y la reproducción (edad y peso al inicio del manejo reproductivo, edad al primer parto e intervalo entre partos) de vacas Holstein x Cebú y Pardo Suizo x Cebú en el subtrópico húmedo de Puebla, México. Las vacas (n=154) se mantuvieron en pastoreo rotacional en praderas con *Brachiaria brizantha*, recibieron 2 kg/animal/d de concentrado (70% de nutrientes digestibles totales y 16% de proteína cruda) y minerales a libre acceso; de noviembre a mayo se ofreció 15-20 kg/animal/d de caña japonesa (*Saccharum sinense*) picada. Las vacas se ordeñaron mecánicamente, dos veces al d, con apoyo de la cría. Las variables se analizaron mediante un análisis de varianza con un modelo estadístico que incluyó año de inicio de manejo reproductivo (2010-2013) o año de parto (2008-2013), época de parto (lluvias, nortes, secas) y número de lactancias (1, 2 y 3 o más), excepto para edad y peso al inicio del manejo reproductivo, y edad al primer parto. La época de parto solo afectó (P<0,05) la producción de leche por lactancia y la producción de leche por d. El número de parto solo afectó (P<0,01) la producción de leche por d y la producción de leche por d interparto. Las medias generales ajustadas de producción de leche por lactancia, por día y por día interparto, duración de la lactancia, peso y edad al inicio del manejo reproductivo, edad a primer parto e intervalo entre partos fueron: 2.870 kg, 8,53 kg, 6,61 kg, 332 d, 330 kg, 784 d, 1.101 d y 462 d, respectivamente. Las medias generales de características de producción de leche y reproductivas del presente trabajo son aceptables para condiciones ambientales subtropicales.

Palabras clave: Bovinos doble propósito; comportamiento reproductivo; producción de leche; subtrópico.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the effect of some environmental factors on milk yield (per lactation, per day (d) and per calving interval), lactation length and reproduction (age and weight at first breeding, age at first calving, calving interval) of Holstein x Zebu and Brown Swiss x Zebu cows in the humid subtropics of Puebla, Mexico. Cows (n=154) were kept in a rotational grazing system on pastures with *Brachiaria brizantha*. In addition, cows received 2 kg/animal/d of concentrate (70% total digestible nutrients and 16% crude protein) and minerals on an *ad libitum* basis; between November and May, cows were offered 15-20 kg/animal/d of chopped Japanese cane (*Saccharum sinense*). Cows were milked twice a d, by machine. Calves were used to stimulate milk ejection of their dams. Variables were evaluated via analysis of variance with a statistical model that included year of first breeding (2010-2013) or year of calving (2008-2013), season of calving (rainy, windy, dry) and lactation number (1, 2, 3 or more), except for age and weight at first breeding, and age at first calving. Calving season affected (P<0.05) milk yield per lactation and milk yield per day. Calving number only affected (P<0.01) milk yield per day and milk yield per calving interval. Overall adjusted means for milk yield per lactation, per day and per calving interval, lactation length, weight and age at first breeding, age at first calving and calving interval were: 2870 kg, 8.53 kg, 6.61 kg, 332 d, 330 kg, 784 d, 1101 d and 462 d, respectively. Overall means of milk yield and of reproductive traits of the present study are acceptable for subtropical environmental conditions.

Key words: Dual-purpose cattle; reproductive performance; milk yield; subtropics.

INTRODUCCIÓN

En México, la población bovina (*Bos taurus-Bos indicus*) es de alrededor de 32.936.334 cabezas [19], de las cuales, según datos reportados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía y la Universidad de Guadalajara (INEGI-UDG) [9], el ganado bovino de doble propósito (DP) (2.466.477 cabezas) representa el 28,4%. En adición a lo anterior, la ganadería mexicana aprovecha aproximadamente 110 millones de hectáreas, de las cuales 28,3% corresponde a las áreas tropicales, que en su mayoría están cubiertas de forrajes para producir carne y leche en los sistemas de DP.

Sin embargo, la producción de forrajes en los sistemas de DP depende en gran medida de su manejo agronómico y de las condiciones climáticas. El efecto del clima se manifiesta en una reducción en la cantidad y calidad de los forrajes, principalmente durante la estación seca; como consecuencia, los animales reducen el consumo de nutrientes, lo que influye negativamente en la producción de leche y carne (PLC), así como en la sostenibilidad de estos sistemas [25]. En adición a lo anterior, los sistemas de DP generalmente se desarrollan con bajos niveles de tecnificación, lo que ha motivado a las dependencias gubernamentales a destinar recursos públicos para mejorar su productividad mediante la adopción de prácticas tecnológicas que incluyen el uso de razas mejoradas, manejo de forrajes, prácticas sanitarias, reproductivas y administrativas. Espinosa y Wiggins [6] reportaron que, en ranchos donde se han adoptado estas prácticas se han observado incrementos en los niveles de PLC.

Debido a la insuficiencia en la producción de leche (PL) nacional y a la creciente demanda de este producto de parte de la población mexicana, es indispensable que las unidades de producción apliquen alternativas tecnológicas que resulten en incrementos en el volumen de PLC en los sistemas de DP. Una alternativa es producir leche utilizando animales *Bos indicus* (e.g., Brahman, Gyr, Nelore) en cruzamiento con razas lecheras *Bos taurus* (e.g., Holstein, Pardo Suizo, Jersey) en los trópicos de México, ya que diversas ventajas de estos grupos raciales híbridos (*Bos taurus x Bos indicus*) han sido observadas en algunos estudios realizados previamente en México y en el mundo [5, 12, 25, 26]. Por ejemplo, Zárate y col. [26] reportaron que, los valores promedio de duración de la lactancia, producción de leche por lactancia, producción de leche por día, producción de leche por día interparto, e intervalo entre partos de vacas Holstein x Cebú (60-79% de genes Holstein) fueron: 332 d, 2.911 kg, 9,83 kg, 7,07 kg y 502 d, respectivamente. Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de año, época y número de partos sobre algunas características de Producción de Leche (PL) y productividad de vacas híbridas *Bos taurus x Bos indicus* de DP de un módulo de validación de tecnología, bajo condiciones de clima subtropical húmedo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El presente estudio se llevó a cabo con la información generada en el módulo de validación de tecnología de DP "El Paraíso de Ayotoxco", localizado en Ayotoxco de Guerrero, Puebla, a 20° 05' 49" LN y 97° 24' 36" LO, a 240 msnm. El clima de la región es subtropical húmedo Af(c) de acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por García [7]. La temperatura media anual es de 23,2 °C, con una mínima de 18,8 °C en invierno y una máxima de 27,6 °C en verano; la precipitación pluvial media anual es de 2.144,7 mm y la humedad relativa del 80% [7]. Existen tres épocas estacionales bien definidas: lluvias, que va de junio a octubre y se identifica por lluvias torrenciales; nortes, que se extiende de noviembre a marzo y se caracteriza por lloviznas y descenso de temperatura; y secas, en abril y mayo, que se presenta con lluvias aisladas y elevación de temperatura.

Manejo general y alimentación

Las hembras bovinas se manejaron en dos grupos. En un grupo se mantuvieron las vacas en producción y las que tenían ocho meses de gestación, mientras que en el otro se mantuvieron las vaquillas en inicio de manejo reproductivo, las hembras gestantes y las vacas secas. Las vacas en producción pastorearon rotacionalmente en praderas establecidas con pasto Insurgente (*Brachiaria brizantha*); además, se les proporcionó 2 kg/animal/d de concentrado (70% de nutrientes digestibles totales y 16% de proteína cruda), minerales y agua *ad libitum*, y de 15 a 20 kg/animal/d de caña japonesa (*Saccharum sinense*) fresca y picada en los meses de noviembre a mayo. A las vacas que se encontraban en periodo seco (fin de la lactancia al siguiente parto; 115,4 ± 76,6 d), se les proporcionó 2 kg/animal/d del mismo concentrado durante el último mes de gestación. Todas las vacas se vacunaron contra clostridiosis (*Clostridium* spp.) tres veces al año y contra rabia parálitica una vez al año, y se desparasitaron al parto o al secado. Los baños garrapaticidas (deltametrina) y pesajes (balanza marca: AMPESA, modelo: L-P, fabricante: AMPESA, México) fueron mensuales.

Ordeño

Las vacas ingresaron al ordeño cuatro d después del parto, una vez que se comprobó que ya no producían calostro. El ordeño fue mecánico con "apoyo" del becerro. Sólo se ordeñaron tres tetas, dejando una teta para la cría hasta que ésta pesó 100 ± 6 kg. La cría se utilizó para estimular la eyección de leche hasta que cumplió 11,5 meses de edad, momento en que se destetó. La cría se destetó prematuramente y en consecuencia, dejó de utilizarse para estimular la eyección de leche cuando su madre se secó (por cualquier razón, incluyendo muerte de la vaca) antes de que ella cumpliera los 11,5 meses de edad. Después del destete de la cría, las vacas se siguieron ordeñando

sin el estímulo de la misma, ya que vacas con relativamente altos porcentajes de genes Holstein o Pardo Suizo no requieren dicho estímulo. El ordeño se efectuó dos veces al día utilizando un equipo de dos plazas (marca: Pulsovac, modelo: CTA400, fabricante: Interpool, Italia) con motor eléctrico y/o de gasolina (marca: OHV, modelo: R 245 F 2 B, Francia). El secado se realizó administrando 500.000 UI de penicilina en cada cuarto, aplicando inmediatamente después un sellador de tetas.

Manejo reproductivo

El manejo reproductivo de las vacas consistió en empadre continuo con monta controlada. La detección de calores se efectuó durante el ordeño. Para determinar la condición útero-ovárica de las vacas gestantes, secas y en ordeño, y de las vaquillas en manejo reproductivo, se realizó un examen por palpación rectal cada tres meses. Las vaquillas en manejo reproductivo también se sometieron a empadre continuo, pero sin detección de celos.

Base de datos y características estudiadas

La base de datos del rancho "El Paraíso de Ayototxco" fue creada a partir de las tarjetas individuales de registros de vacas y vaquillas nacidas en el rancho. Dichas tarjetas contenían registros genealógicos (animal, padre, madre) y raciales, registros de fechas (e.g., fechas de nacimiento, servicio, gestación, parto, secado, aborto) y registros productivos (pesajes de leche y corporales) y reproductivos. Los datos de PL se empezaron a registrar en las tarjetas a partir del 2008, mientras que los datos reproductivos se registraron a partir del 2010, excepto el intervalo entre partos, que se registró a partir del 2008. Antes del 2010 no se registraban fechas ni pesos de inicio de manejo reproductivo en las tarjetas individuales de registros. La información capturada provino de 154 hembras Holstein x Cebú y Pardo Suizo x Cebú con proporciones raciales indefinidas. A partir de la base de datos se analizaron las siguientes características de producción de leche y reproductivas: 1) producción total de leche (PTL), que se calculó sumando las producciones diarias de leche de cada lactancia por vaca; 2) duración de la lactancia (DL), calculada como la diferencia entre la fecha de secado y la fecha de inicio de lactancia; 3) producción diaria de leche (PLD), calculada como PTL/DL; 4) producción de leche por día interparto (PLDI), definida como PTL/intervalo entre partos; 5) intervalo entre partos (IP), definido como el número de días transcurridos entre dos partos consecutivos; 6) edad al primer parto (EPP), calculada como la diferencia entre la fecha de primer parto y la fecha de nacimiento de la vaca; 7) edad al inicio del manejo reproductivo (EIMR), calculada como la diferencia entre la fecha en la que la vaquilla fue expuesta a toro por primera vez y la fecha de nacimiento de la vaquilla; y 8) peso al inicio del manejo reproductivo (PIMR).

Análisis estadísticos

Las características productivas (PTL, PLD, PLDI y DL) y reproductivas (IP, EPP, EIMR y PIMR) fueron evaluadas mediante un análisis de varianza, utilizando el procedimiento GLM del programa SAS [18]. La edad y el peso al inicio del manejo reproductivo se analizaron con un modelo completo (preliminar) que incluyó el año (2010-2013) y la época del año al inicio del manejo reproductivo y la interacción año x época. El modelo preliminar para analizar la edad a primer parto incluyó el año (2010-2014) y la época del año al momento del parto y la interacción año x época de parto. Los efectos fijos que se incluyeron en el modelo preliminar para analizar las características de producción de leche y el intervalo entre partos fueron: año de parto (2008-2013), época de parto (lluvias, nortes, secas), número de lactancias (1, 2, 3 o más), y las interacciones de primer orden que se derivan de estos efectos principales. Para determinar los modelos definitivos se realizaron análisis secuenciales para cada característica, removiendo del modelo preliminar las interacciones que no resultaron significativas. Los modelos definitivos no incluyeron interacciones, ya que ninguna fue significativa ($P > 0,05$). La comparación de medias se realizó mediante la opción PDIF del procedimiento GLM de SAS [18].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las estadísticas descriptivas (e.g., número total de registros analizados, promedio y desviación estándar) de las características estudiadas se presentan en la TABLA I. La DL varió de 123 a 727 d, mientras que PTL presentó valores entre 543 y 7926 kg. La PTL promedio fue de 2905 kg, con una DL promedio de 340 d. Se obtuvieron promedios de 8,5 kg en la PLD y de 6,6 kg en la PLDI. La EPP varió de 726 a 1688 d, mientras que el intervalo entre partos presentó valores entre 288 y 996 d. La EIMR promedio fue de 779 d, con un PIMR de 330 kg.

El año de parto afectó PTL ($P=0,0021$), DL ($P=0,0003$), PIMR ($P=0,0004$) y EIMR ($P=0,0031$). La época de parto no afectó ($P > 0,05$) PLDI, DL, PIMR, EIMR, EPP e IP, pero sí PTL ($P=0,0491$) y PLD ($P=0,0163$). El número de parto solo afectó PLD ($P < 0,0001$) y PLDI ($P=0,0034$). En la TABLA II se muestran los resultados del efecto de año de parto sobre las características de PL.

Las medias ajustadas de PTL, PLD, PLDI y DL fueron 2870 kg, 8,53 kg, 6,61 kg y 332 d, respectivamente. Las medias ajustadas de PTL y DL fueron 900 kg y 50 d mayores, respectivamente, que las obtenidas por Hernández-Reyes y col. [8] en un sistema de DP típico de Yucatán. Esto se puede explicar por el manejo aplicado en esos sistemas típicos en los que se ordeña una vez al día, ya que está comprobado que más de un ordeño al día aumenta la producción diaria de leche. Davis y col. [4] reportaron que, la acumulación de leche en los alvéolos es relativamente rápida, por lo que la ubre (compartimento alveolar junto con el de la cisterna) está al 90% de su capacidad entre 16 y 24 horas (h) después del ordeño; la tasa de acumulación total de leche se reduce

TABLA I
ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE CARACTERÍSTICAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE Y REPRODUCTIVAS DE VACAS DE DOBLE PROPÓSITO.

Variable ^a	N	Media	Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo	Coefficiente de variación
DL (d)	235	340	97	123	727	0,29
PTL (kg)	235	2905	1068	543	7926	0,37
PLD (kg)	235	8,5	1,86	4,02	14	0,22
PLDI (kg)	179	6,6	1,91	1,17	11,61	0,29
PIMR (kg)	50	330	17,1	285	380	0,05
EIMR (d)	50	779	97,6	535	1055	0,13
EPP (d)	50	1097	155,9	726	1688	0,14
IP (d)	191	475	122,7	288	996	0,26

^aDL= duración de la lactancia, PTL= producción total de leche, PLD= producción diaria de leche, PLDI= producción de leche por día interparto, PIMR= peso al inicio del manejo reproductivo, EIMR= edad al inicio del manejo reproductivo, EPP= edad al primer parto, IP= intervalo entre partos.

TABLA II
MEDIAS DE CUADRADOS MÍNIMOS Y ERRORES ESTÁNDAR PARA CARACTERÍSTICAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE POR AÑO DE PARTO.

Año	Característica ^d			
	PTL (kg)	PLD (kg)	PLDI (kg)	DL (días)
2008	2941 ± 309 ^a	8,16 ± 0,50 ^a	6,20 ± 0,56 ^a	340 ± 27 ^{ab}
2009	3117 ± 215 ^a	8,72 ± 0,35 ^a	6,61 ± 0,39 ^a	357 ± 19 ^{ab}
2010	3208 ± 143 ^a	8,72 ± 0,23 ^a	6,99 ± 0,28 ^a	367 ± 13 ^a
2011	2997 ± 147 ^a	8,75 ± 0,24 ^a	6,51 ± 0,29 ^a	343 ± 13 ^{ab}
2012	2809 ± 147 ^a	8,65 ± 0,24 ^a	6,82 ± 0,32 ^a	322 ± 13 ^b
2013	2148 ± 215 ^b	8,22 ± 0,35 ^a	6,56 ± 1,10 ^a	261 ± 19 ^c
Media general	2870	8,53	6,61	332

^{a,b,c}Medias con literal diferente por característica son estadísticamente diferentes ($P < 0,05$).

^dPTL= producción total de leche, PLD= producción diaria de leche, PLDI= producción de leche por día interparto, DL= duración de la lactancia.

ligeramente entre 16 y 24 h, pero considerablemente entre las primeras 24 y 40 h después del ordeño. Davis y col. [4] señalaron que, existe una relación significativa y demostrada entre la tasa de llenado de las cisternas y la pérdida de producción con un ordeño al d. En el caso específico del trópico hay investigaciones como la realizada por Suárez [23], en la que se comparó uno contra dos ordeños al d, obteniendo como resultado 682 kg más leche con dos ordeños que con uno. El ordeño manual, realizado en el estudio de Hernández-Reyes y col. [8], es menos eficiente que el ordeño mecánico, ya que se ordeñan menos animales por hombre, obteniéndose así menos leche por hombre por año.

Las medias obtenidas de PTL, PDL, PLDI y DL en el módulo de validación "El Paraíso de Ayotoxco" son prácticamente iguales a las que obtuvieron Rosete y col. [17] con el genotipo $\frac{3}{4}$ Holstein x $\frac{1}{4}$ Cebú. Esto puede ser debido a que alrededor del 90% de las lactancias obtenidas en el módulo de validación correspondieron a cruces Holstein x Cebú, además de que el manejo fue similar en ambos estudios. Los niveles de PL obtenidos en el presente estudio podrían aumentarse aún más con un hato con 100% de vacas Holstein x Cebú, ya que el 10% restante de las vacas fueron Pardo Suizo x Cebú, las cuales producen una menor cantidad

de leche. López y col. [11] encontraron que vacas con 78% de genes *Bos taurus* tuvieron producciones de leche relativamente altas (2898 kg). Román-Ponce y col. [16] reportaron que la PL de cruces Holstein x Cebú fue 21,6% superior que la de cruces Pardo Suizo x Cebú.

Los resultados de DL, PTL y PLD obtenidos en el presente trabajo son superiores a los reportados por Simón y López [20]. Dicha diferencia pudo deberse a que en dicho estudio, las vacas mantenidas en pastoreo con leguminosas y gramíneas, suplementadas con forraje de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y north gold (subproducto de maíz (*Zea mays*)), no recibieron concentrado, lo que posiblemente causó que no mostraran una mayor PL. La producción de leche por lactancia del presente estudio fue mayor que la obtenida por Teyer y col. [24], con vacas F1 (1500 kg) y $\frac{3}{4}$ europeo x $\frac{1}{4}$ Cebú (1749 kg), pero menor que la obtenida por estos mismos autores con vacas Holstein, las cuales produjeron 2991 kg de leche por lactancia. La productividad relativamente alta de las vacas Holstein, aún en condiciones tropicales, ha sido demostrada por Cañas y col. [3], Zárate-Martínez y col. [26] y Ríos-Utrera y col. [14]. Por el contrario, Vite y col. [25] obtuvieron mayores valores de PTL,

DL, PLD y PLDI que los obtenidos en el módulo de validación "El Paraíso de Ayotoxco". Estos autores obtuvieron por lo menos 650 kg más de leche por lactancia en un tiempo similar, lo que quiere decir que obtuvieron una mayor PLD. Adicionalmente, estos autores encontraron que las vacas tuvieron más de 3,5 kg de leche por día interparto. Una explicación a este resultado es que Vite y col. [25] ajustaron la dieta de las vacas en producción, ofreciéndoles 1 kg de concentrado por cada 3 kg de leche producida.

Los resultados de características de PL por efecto de época de parto se presentan en la TABLA III. Las vacas que parieron en la época de nortes presentaron mayor ($P < 0,05$) PTL (3056 kg) que las que parieron en la época de lluvias (2664 kg) y secas (2889 kg). La PLD fue mayor en las vacas que parieron en la época de nortes (8,83 kg) que las paridas en la época de lluvias (8,08 kg). Estos resultados son similares a los obtenidos por Ríos-Utrera y col. [14] en un sistema de lechería tropical especializada localizado en la misma región (Hueytamalco, Puebla), quienes reportaron que las vacas paridas en la época de nortes produjeron más leche que las que parieron en la época lluviosa. Lo encontrado en el presente trabajo se pudo deber a que las vacas que paren en la época de norte alcanzan su pico de lactancia un poco antes o durante la época seca; sin embargo, la época seca en el lugar en que se realizó el presente estudio no es muy marcada y solo dura prácticamente dos meses (abril y mayo), siguiendo inmediatamente la época lluviosa, lo que

evita que la PL caiga drásticamente y prolongadamente. Aunado a esto, Morillo [13] informó que, las sequías intermitentes o de corta duración tienden a mejorar la calidad del forraje, debido al retraso de la madurez de la planta y al menor desarrollo de los tallos, lo que también pudo haber beneficiado a las vacas paridas en la época de nortes. Además, la suplementación efectuada de noviembre a mayo con caña japonesa, pudo haber sido un factor adicional que contribuyó a la mayor PL de las vacas paridas en la época de norte. Las vacas que parieron en la época seca tuvieron PLD similar (8,69 kg; $P > 0,05$) a las que parieron en las épocas de nortes y lluvias. PLDI y DL no dependieron de la época de parto ($P > 0,05$). Por su parte, Hernández-Reyes y col. [8], López y col. [11] y Vite y col. [25] no encontraron diferencia significativa ($P > 0,05$) entre épocas en cuanto a la PL.

En la TABLA IV se presentan los resultados de las características de PL por efecto del número de lactancia. Las vacas de segundo y tercer parto tuvieron PLD y PLDI similares ($P > 0,05$), superando ($P < 0,05$) a las de primer parto. La explicación que han ofrecido varios autores [8,11] es que la diferencia en la PL es debida a que las vacas adultas ya no experimentan crecimiento y desarrollo corporal, destinando toda su energía únicamente para producción, mantenimiento y reproducción, lo que provoca que las vacas adultas produzcan más leche que las vaquillas de primer parto, las cuales continúan creciendo y desarrollándose. Sin embargo, el número de lactancia no afectó estadísticamente ($P > 0,05$) PTL y DL.

TABLA III
MEDIAS DE CUADRADOS MÍNIMOS Y ERRORES ESTÁNDAR PARA CARACTERÍSTICAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE, POR ÉPOCA DE PARTO.

Época de parto	Característica ^c			
	PTL (kg)	PLD (kg)	PLDI (kg)	DL (días)
Lluvias	2664 ± 127 ^b	8,08 ± 0,21 ^b	6,39 ± 0,30 ^a	328 ± 11,45 ^a
Nortes	3056 ± 113 ^a	8,83 ± 0,18 ^a	6,72 ± 0,26 ^a	343 ± 10,27 ^a
Secas	2889 ± 164 ^b	8,69 ± 0,27 ^{ab}	6,74 ± 0,39 ^a	325 ± 14,83 ^a
Media general	2870	8,53	6,61	332

^{a,b}Medias con literal diferente por característica son estadísticamente diferentes ($P < 0,05$).

^cDL= Duración de la lactancia, PLDI= Producción de leche por día interparto, PLD= Producción de leche diaria, PTL= Producción total de leche.

TABLA IV
MEDIAS DE CUADRADOS MÍNIMOS Y ERRORES ESTÁNDAR PARA LAS CARACTERÍSTICAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE POR NÚMERO DE LACTANCIA.

No. de lactancia	Característica ^d			
	PTL (kg)	PLD (kg)	PLDI (kg)	DL (días)
Primera	2664 ± 108 ^a	7,59 ± 0,17 ^b	5,92 ± 0,28 ^b	347 ± 9,77 ^a
Segunda	2940 ± 140 ^a	8,89 ± 0,23 ^a	7,12 ± 0,35 ^a	323 ± 12,71 ^a
Tercera	3006 ± 154 ^a	9,13 ± 0,25 ^a	6,80 ± 0,35 ^a	325 ± 13,95 ^a
Media general	2870	8,53	6,61	332

^{a,b}Medias con literal diferente por característica son estadísticamente diferentes ($P < 0,05$).

^dDL= Duración de la lactancia, PLDI= Producción de leche por día interparto, PLD= Producción de leche diaria, PTL= Producción total de leche.

En el TABLA V se muestran los resultados de las características reproductivas por efecto de año de parto. La EIMR promedio reportada en el presente estudio es 33,5 d mayor que la reportada por Simón y col. [22], quienes reportaron una EIMR de 750,5 d, edad a la que las vaquillas alcanzaron los 300 kg de peso corporal. A diferencia de lo ocurrido con el PIMR y la EIMR, la EPP fue similar entre años, no habiendo diferencia estadística ($P>0,05$). Los valores de EPP reportados por Vite y col. [25] son similares a los reportados en el presente estudio.

El intervalo entre partos promedio reportado en el presente trabajo (462 d), en general, es menor que el reportado por Hernández-Reyes y col. [8], Simón y col. [21], Simón col. [22] y Teyer y col. [24]. Esta discrepancia se pudo deber a que los valores de DL, PTL y PLD obtenidos en el presente estudio fueron mayores que los obtenidos por dichos autores, lo que a su vez pudo haber causado un aumento en el intervalo entre partos de las vacas del presente estudio, dado que se sabe que la PL tiene una correlación genética antagónica con la fertilidad [15]. Una causa adicional que determinó dicha diferencia pudo haber sido que en el presente estudio los becerros se destetaron tardíamente (11,5 meses de edad), en comparación, por ejemplo, con el estudio de Teyer y col. [24] en el que el destete se realizó alrededor de los 7 meses de edad, lo que pudo haber ayudado a reactivar más pronto el ciclo estral de las vacas de este último estudio. Se ha demostrado que el amamantamiento afecta

la actividad del hipotálamo, hipófisis y ovarios, mediante la reducción de liberación de GnRH, la cual conduce a insuficientes pulsos de LH. Debido a esto, los folículos son incapaces de madurar y, por lo tanto, de ovular, ya que existe una incorrecta síntesis de estrógenos a nivel folicular [2]. Adicionalmente, el amamantamiento genera la secreción a nivel hipotalámico de β -endorfina, en respuesta al estímulo de succión, y los estrógenos producidos en la placenta durante el último tercio de la gestación, provocando la inhabilitación de la secreción de LH a través del hipotálamo [2].

En la TABLA VI se presentan los resultados de las características reproductivas por efecto de época y número de parto. No se encontró efecto significativo de época de parto y número de parto ($P>0,05$) para ninguna de las variables reproductivas estudiadas. Estos hallazgos son diferentes a los reportados por diversos autores. Arellano y col. [1] encontraron que, el año de parto afectó la EPP y el IP de vacas Holstein x Cebú y Pardo Suizo x Cebú en un estudio realizado en el estado de Veracruz; Hernández-Reyes y col. [8] reportaron que, el año de parto influyó el IP de vacas Holstein x Cebú, Pardo Suizo x Cebú y Holstein x Pardo Suizo x Cebú en un trabajo realizado en el estado de Yucatán; y López y col. [10] encontraron que el año de parto afectó la EPP y el IP de vacas *Bos taurus* x *Bos indicus* en un estudio realizado en el estado de Tabasco.

TABLA V
MEDIAS DE CUADRADOS MÍNIMOS Y ERRORES ESTÁNDAR PARA LAS CARACTERÍSTICAS REPRODUCTIVAS POR AÑO DE INICIO DE MANEJO REPRODUCTIVO O DE PARTO.

Año	Característica ^d			
	PIMR (kg)	EIMR (días)	EPP (días)	IP (días)
2008				438 ± 87,1 ^a
2009				508 ± 38,5 ^a
2010	323 ± 5,5 ^{bc}	722 ± 33,0 ^b	1065 ± 86,0 ^a	442 ± 24,9 ^a
2011	344 ± 5,5 ^a	778 ± 33,0 ^b	1111 ± 67,3 ^a	489 ± 18,6 ^a
2012	319 ± 3,1 ^c	742 ± 19,0 ^b	1037 ± 45,9 ^a	449 ± 20,7 ^a
2013	332 ± 6,5 ^{ab}	893 ± 39,1 ^a	1119 ± 36,5 ^a	465 ± 17,8 ^a
2014			1172 ± 163 ^a	446 ± 41,1 ^a
Media general	330	784	1101	462

^{a,b,c}Medias con literal diferente por característica son estadísticamente diferentes ($P<0,05$).

^dEIMR= Edad al inicio del manejo reproductivo, EPP= Edad al primer parto, IP= Intervalo entre partos, PIMR= Peso al inicio del manejo reproductivo.

TABLA VI
MEDIAS DE CUADRADOS MÍNIMOS Y ERRORES ESTÁNDAR PARA LAS CARACTERÍSTICAS REPRODUCTIVAS POR ÉPOCA Y NÚMERO DE PARTO.

Época de parto	Característica ^b			
	PIMR (kg)	EIMR (días)	EPP (días)	IP (días)
Lluvias	334,01 ± 2,64 ^a	810,57 ± 15,97 ^a	1072,85 ± 64,38 ^a	482,99 ± 19,87 ^a
Nortes	335,31 ± 4,63 ^a	783,31 ± 27,99 ^a	1114,52 ± 44,67 ^a	476,57 ± 17,70 ^a
Secas	318,97 ± 7,37 ^a	757,27 ± 44,51 ^a	1115,32 ± 61,21 ^a	428,46 ± 28,60 ^a
No. de parto				
Primero				469,63 ± 19,30 ^a
Segundo				455,72 ± 19,88 ^a
Media general	329,43	783,71	1100,89	474,64

^aMedias con literal diferente por característica son estadísticamente diferentes ($P<0,05$).

^bEIMR= Edad al inicio del manejo reproductivo, EPP= Edad al primer parto, IP= Intervalo entre partos, PIMR= Peso al inicio del manejo reproductivo.

CONCLUSIONES

La mejor época de partos para producir leche fue la época de norte, superando a las épocas seca y lluviosa. El efecto del número de lactancia indica que las vacas de primera lactancia tuvieron menor PL por d y por d interparto que las de dos y tres lactancias. Las medias generales de PTL, PLD, PLDI y DL del módulo de validación "El Paraíso de Ayototco" se consideran aceptables para condiciones de clima subtropical, las cuales en algunos casos resultaron superiores a las reportadas en estudios previos para vacas *Bos taurus* x *Bos indicus*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ARELLANO, S.; MARTÍNEZ, J.; ROMERO, E.; BRIONES, F.; DOMÍNGUEZ, M.; DE LA GARZA, F. Factores genético-ambientales que afectan el intervalo entre partos y días a primer parto en ganado doble propósito en el norte de Veracruz. **Av. Inv. Agro.** 10(1):43-53. 2006.
- [2] BÁEZ, S.G.; GRAJALES, HL. Anestro posparto en ganado bovino en el trópico. **Rev. MVZ. Córdoba.** 14(3):1867-1875. 2009.
- [3] CAÑAS, J.J.; RESTREPO, L.F.; OCHOA, J.; ECHEVERRI, A.; CERÓN-MUÑOZ, M. Estimación de las curvas de lactancia en ganado Holstein y BON x Holstein en trópico alto colombiano. **Rev. Las. Inv.** 6(1):35-42. 2009.
- [4] DAVIS, S.R.; FARR, V.C.; COPEMAN, P.J.; CARRUTHERS, V.R.; KNIGHT, C.H.; STELWAGEN, K. Partitioning of milk accumulation between cisternal and alveolar compartments of the bovine udder: relationship to production loss during once daily milking. **J. Dairy Res.** 65:1-8. 1998.
- [5] DEMEKE, S.; NESER, F.W.C.; SCHOEMAN, S.J. Estimates of genetic parameters for Boran, Friesian, and crosses of Friesian and Jersey with the Boran cattle in the tropical highlands of Ethiopia: milk production traits and cow weight. **J. Anim. Breed. Genet.** 121:163-175. 2004.
- [6] ESPINOSA, J.A.; WIGGINS, S. Beneficios económicos potenciales de tecnología. **Téc. Pec. Méx.** 41(1):19-36. 2003.
- [7] GARCÍA, E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. Pp. 109-110. 1998.
- [8] HERNÁNDEZ-REYES, E.; SEGURA-CORREA, V.M.; SEGURA-CORREA, J.C.; OSORIO-ARCE, M.M. Intervalo entre partos, duración de la lactancia y producción de leche en un hato de doble propósito en Yucatán, México. **Agrocien.** 34(6):699-705. 2001.
- [9] INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA-UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA (INEGI-UDG). La ganadería bovina en los Estados Unidos Mexicanos: Censo Agropecuario 2007. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 67 pp. 2012.
- [10] LÓPEZ, R.O.; DÍAZ, M.H.; GARCÍA, J.G.; NÚÑEZ, R.D.; LÓPEZ, R.O.; MARTÍNEZ, P.A. Eventos reproductivos de vacas con diferente porcentaje de genes *Bos taurus* en el trópico mexicano. **Rev. Mex. Cien. Pec.** 1(4):325-336. 2010.
- [11] LÓPEZ, R.O.; GARCÍA, R.C.; GARCÍA, J.G.; RAMÍREZ, R.V. Producción de leche de vacas con diferente porcentaje de genes *Bos taurus* en el trópico mexicano. **Téc. Pec. Méx.** 47(4):435-448. 2009.
- [12] MADALENA, F.E.; LEMOS, A.M.; TEODORO, R.L.; BARBOSA, R.T.; MONTEIRO J.B.N. Dairy production and reproduction in Holstein-Friesian and Guzera crosses. **J. Dairy Sci.** 73:1872-1886. 1990.
- [13] MORILLO, D.E. Efectos de la época seca sobre la producción forrajera y bovina. **Rev. Agron.** 11(2):152-163. 1994.
- [14] RÍOS-UTRERA, Á.; CALDERÓN-ROBLES, R.C.; GALAVÍZ-RODRÍGUEZ, J.R.; VEGA-MURILLO, V.E.; LAGUNES-LAGUNES, J. Effects of breed, calving season and parity on milk yield, body weight and efficiency of dairy cows under subtropical conditions. **Int. J. Anim. Vet. Adv.** 5(6):226-232. 2013.
- [15] RÍOS-UTRERA, Á.; CALDERÓN-ROBLES, R.C.; GALAVÍZ-RODRÍGUEZ, J.R.; VEGA-MURILLO, V.E.; LAGUNES-LAGUNES, J. Genetic correlations of days open with milk yield and metabolic weight in Holstein and Brown Swiss cows. **Rev. Científ. FCV-LUZ.** XXV (1):51-56. 2015.
- [16] ROMÁN-PONCE, S.I., RUIZ-LÓPEZ, F., MONTALDO, H.H., RIZZI, R., ROMÁN-PONCE, H. Efectos de cruzamiento para producción de leche y características de crecimiento en bovinos de doble propósito en el trópico húmedo. **Rev. Mex. Cien. Pec.** 4(4):405-416. 2013.
- [17] ROSETE, F.J.V.; CALDERÓN, R.R.C.; GALAVÍZ, R.J.R.; BONILLA, G.; RAMÍREZ, G.J.J.M. Manejo productivo y reproductivo de las vacas. En: **Manejo integral de la unidad de producción bovina de doble propósito "La Doña"**. Libro Técnico Núm. 1. Hueytamalco, Puebla. INIFAP. Pp 57-74. 2004.
- [18] STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. (SAS). SAS/STAT User's Guide. SAS, Cary, N.C., USA. Versión 8.1. 2001.
- [19] SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA (SIAP). Resumen Nacional. Población ganadera, avícola y apícola. 2012. En línea: http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integracion/

- EstadísticaBasica/Pecuario/PoblacionGanadera/Resumen/Resumen.pdf. 13/05/2014.
- [20] SIMÓN, L.; LÓPEZ, O. Comportamiento lechero de genotipos Holstein x Cebú en silvopastoreo. **Past. y Forr.** 32(3):1-10. 2009.
- [21] SIMÓN, L.; LÓPEZ, O.; ÁLVAREZ, D. Evaluación de vacas de doble propósito de genotipos Holstein x Cebú en sistemas de pastoreo arborizado. I. Primíparas. **Past. y Forr.** 33(1):1-9. 2010.
- [22] SIMÓN, L.; LÓPEZ, O.; ÁLVAREZ, D. Evaluación de vacas de doble propósito de genotipos Holstein x Cebú en sistemas de pastoreo arborizado. II. Bíparas. **Past. y Forr.** 33(2):1-5. 2010.
- [23] SUÁREZ, E.A. Efecto de dos ordeños al día en la producción láctea de vacas cruzadas *Bos indicus* x *Bos taurus* en clima tropical húmedo. Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz. Tesis de Grado, 24 pp. 2007.
- [24] TEYER, R.; MAGAÑA, J.; 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. **Rev. Cub. Cien. Agríc.** 37(4):363-370. 2003.
- [25] VITE, C.; LÓPEZ, R.; GARCÍA, J.G.; RAMÍREZ, R.; RUIZ, A.; LÓPEZ, R. Producción de leche y comportamiento reproductivo de vacas de doble propósito que consumen forrajes tropicales y concentrados. **Vet. Méx.** 38(1): 63-79. 2007.
- [26] ZÁRATE-MARTÍNEZ, J.P.; ESQUEDA-ESQUIVEL, V.A.; VINAY-VADILLO, J.C.; JÁCOME-MALDONADO, S.M. Evaluación económico-productiva de un sistema de producción de leche en el trópico. **Agron. Mesoam.** 21(2): 255-265. 2010.