

PRODUCTIVIDAD DE VACAS TROPICARNE CON DIFERENTE POTENCIAL GENÉTICO PARA PESO CORPORAL AL PRIMER SERVICIO

Productivity of Tropicarne Cows with Different Genetic Potential for Body Weight at First-Mating

Rafael Núñez-Domínguez*, Bertha Alicia Hernández-Rodríguez, Rodolfo Ramírez-Valverde, Agustín Ruíz-Flores, José Guadalupe García-Muñiz y Rufino López-Ordaz

*Departamento de Zootecnia, Posgrado en Producción Animal, Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km 38,5, Chapingo, Estado de México. C.P. 56230. Tel./Fax: +52(595)9521621. *E-mail: rafael.nunez@correo.chapingo.mx*

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el efecto del peso de la vaca al primer servicio en el comportamiento productivo y reproductivo de vacas Tropicarne. Con base en los valores genéticos de las hembras para peso al primer servicio, ajustado por edad dentro de grupo contemporáneo (año-época de servicio-finca), las vacas se asignaron a una de tres clases de peso corporal: pequeña (n=235), mediana (n=236) y grande (n=236). En las crías se estudiaron los pesos al nacimiento y al destete ajustado a 240 d (PD); en las vacas se evaluaron la edad al primer parto (EPP), las tasas de parición y de destete por vaca expuesta al servicio. La productividad de la vaca hasta el destete se estudió mediante: PD por vaca expuesta al servicio, PD sobre peso de la vaca (PD/PV, %), PD por vaca expuesta al servicio sobre peso de la vaca, PD sobre peso metabólico de la vaca y PD por vaca expuesta al servicio sobre peso metabólico de la vaca. La información fue analizada con modelos mixtos, dependiendo de la característica el modelo incluyó como efectos fijos peso corporal, año y época de parto, sexo de la cría, edad de la vaca al parto, efectos genéticos individuales y maternos de las razas fundadoras, heterosis individual y materna, y vaca anidada en peso corporal como efecto aleatorio. Las vacas grandes produjeron becerros 7,1 kg más ($P<0,05$) pesados al destete que las pequeñas. Las vacas pequeñas produjeron 2,7% más ($P<0,05$) PD/PV que las grandes y fueron 1,1 meses menos ($P<0,05$) precoces al primer parto que las medianas. Para las demás variables no hubo diferencias ($P>0,05$) entre pesos de las vacas. Los resultados sugieren que las va-

cas Tropicarne con potencial genético para peso corporal pequeño son más eficientes que las grandes.

Palabras clave: Peso corporal, productividad hasta el destete, bovinos Tropicarne, eficiencia.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the effect of cow's body weight at first-mating on the productive and reproductive performance in Tropicarne cows. Body weight categories were based on cow's predicted breeding value for weight at first breeding adjusted by age within contemporary group (year-breeding season-herd). Females were assigned to one of the three classes of weight: small (n=235), medium (n=236), and large (n=236). Weights at birth and weaning adjusted to 240 d (PD, kg) regarded as calf traits; age at first calving (EPP, mo), calving and weaning rates per cow exposed to mating, as cow traits; and as efficiency variables at weaning, PD per cow exposed, PD to cow weight ratio (PD/PV, %), PD per cow exposed to cow weight ratio, PD to cow metabolic weight ratio, and PD per cow exposed to cow metabolic weight ratio were studied. Mixed models were used to analyze the information. Depending on the trait, the model included the fixed effects of cow weight, year and season of calving, and sex of calf, the linear and quadratic covariates of cow age, and linear covariates of individual and maternal genetic effects of foundation breeds, and individual and maternal heterosis; and cow nested within cow size as a random effect. Large cows had calves 7.1 kg heavier ($P<0.05$) at weaning than the small ones. Small cows produced 2.7% more ($P<0.05$) PD/PV than the large ones, and had their first calving 1.1 more earlier ($P<0.05$) than medium

ones. There were no differences ($P>0.05$) among cow weights for the other traits. The results suggest that Tropicarne cows with genetic potential for small weight are more efficient at weaning than large weight cows.

Key words: Cow weight, weaning productivity, Tropicarne cattle, efficiency.

INTRODUCCIÓN

La eficiencia en un sistema de producción vaca-becerro (*Bos taurus-indicus*) es una de las medidas de valor económico más importante; sin embargo, es difícil de cuantificar, ya que además de las salidas o pesos de los animales producidos, se requiere información de los insumos, como el consumo de alimento. Por tanto, es importante tener un estimador preciso de la eficiencia económica y que sea fácil de medir [9].

En bovinos de carne, Dickerson [3] determinó que más del 60% de la energía consumida por unidad de proteína se utiliza por las hembras reproductoras; de este porcentaje, aproximadamente 27% corresponde a la producción de reemplazos, 55% a gastos de mantenimiento y 18% en gestación y producción de leche. Considerando que los requerimientos nutricionales de la vaca son función, entre otros factores, de su peso vivo, varios autores han estudiado la influencia del tamaño corporal de los vientres en su productividad, con resultados variables [2, 6, 7, 16, 21]. El tamaño corporal óptimo de las vacas dependerá de la raza o cruce, historia previa de selección, disponibilidad de alimentos y del sistema de producción [7, 17]. Algunos autores [9, 12, 21] han utilizado al cociente de peso del becerro sobre peso de la vaca al momento del destete como indicador de eficiencia productiva, ya que el numerador se relaciona con el producto vendible y el denominador con el gasto de energía. Una forma de cuantificar la demanda de forraje para mantenimiento en sistemas de producción en pastoreo, es usar el peso metabólico (peso vivo^{0.75}) en lugar del peso vivo de los animales [15]. El National Research Council [18] establece que el peso metabólico considera la variación en consumo de materia seca entre animales de diferente tamaño. Si sólo se utiliza el peso vivo de la vaca para estimar los requerimientos de consumo de forraje, se pueden subestimar las necesidades reales de consumo para animales más livianos o más pesados [15].

La raza Tropicarne (aproximadamente 63% Senepol, 23% Barzona, 9% Brahman y 5% Charolais) combina la habilidad productiva para carne de razas bovinas europeas, y la rusticidad de las cebuínas y africanas, adaptadas a condiciones tropicales o con escasos recursos forrajeros. El objetivo de este estudio fue evaluar el comportamiento productivo y reproductivo hasta el destete de vacas Tropicarne con diferente potencial genético para peso corporal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Origen de la información

La información provino de la Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Tropicarne, particularmente de dos fincas de tamaño similar, localizadas en la región tropical del noreste de México, a 22° 07' N, 97° 48' O, y a una altitud de 20 m.s.n.m. El clima es cálido subhúmedo (Aw1) con lluvias en verano, temperatura media anual entre 24 y 28°C y precipitación pluvial anual entre 1000 y 1200 mm. La época de lluvias comprende de julio a octubre, la de "nortes" (lluvias invernales con vientos y temperaturas bajas) de noviembre a febrero y la seca de marzo a junio [13].

El manejo general de los animales consistió en alimentación con base en pastoreo de praderas de guinea (*Panicum maximum*) y estrella africana (*Cynodon plectostachyus*), servicio durante todo el año (con asignación de 25 a 30 hembras por semental), concentrándose de julio a agosto y de febrero a marzo. El destete se realiza aproximadamente a los ocho meses de edad; posteriormente, el pastoreo es por separado para hembras y machos, con suministro de vitaminas y minerales. La desparasitación externa del ganado se realiza según la incidencia de ectoparásitos y rara vez se desparasita internamente. Las hembras de reemplazo entran al primer servicio considerando su desarrollo corporal y patrón racial, entre otros criterios del criador. Los machos permanecen en la finca hasta los 18 meses de edad para identificar prospectos a sementales, mientras que el resto de los animales se comercializa como reproductores y para sacrificio [5].

Clasificación de las vacas por peso corporal

Las vacas se clasificaron en una de tres clases de peso corporal: pequeña, mediana y grande, con base en su valor genético predicho para peso al primer servicio (PPS). El PPS de cada vaca se estimó con base en los registros periódicos de su peso, ajustándolo a la edad promedio al primer servicio dentro de grupo contemporáneo (finca-año-época de 1^{er} servicio), utilizando la ecuación siguiente:

$$\text{PPS ajustado} = \text{PPS} + \beta_{\text{PPS.Edad}} * (\bar{X}_{\text{EPPS}} - \text{EPPS}_i)$$

donde, PPS es el peso al primer servicio, EPPS es la edad de la vaca al peso en el primer servicio, $\beta_{\text{PPS.Edad}}$ es el coeficiente de regresión del peso de la vaca sobre su edad, dentro de grupo contemporáneo, y \bar{X}_{EPPS} es la media de EPPS.

Estudios previos utilizaron el peso [10, 21] o la altura a la grupa [8, 28] como criterios para clasificar los animales por tamaño corporal. En este estudio se utilizó el valor genético predicho del peso al primer servicio, para remover factores de confusión y agrupar las vacas en función de su potencial genético para esta característica; particularmente, se trató de esti-

mar el impacto de clasificar las vacas por su potencial genético para peso corporal a edades tempranas, en su productividad. El valor genético para PPS se predijo utilizando el programa MTDFREML [1]. El modelo incluyó como efectos fijos el grupo contemporáneo y las covariables lineales de efectos genéticos individuales y maternos de las razas fundadoras Senepol, Barzona, Cebú, Charolais y otras, además de la heterosis individual y materna, y el valor genético aditivo de la vaca como efecto aleatorio. Con base en la jerarquización de los valores genéticos predichos para PPS, las vacas fueron asignadas equitativamente a una de las tres clases de peso corporal (TABLA I).

Variables estudiadas

Como características de las crías se estudiaron los pesos (kg) al nacimiento (PN) y al destete ajustado a 240 d (PD); mientras que como características de las vacas se consideraron la edad al primer parto (EPP, años), las tasas de parición (TP) y de destete (TD) por vaca expuesta al servicio. Las variables TP y TD se codificaron con 1 (éxito) y 0 (fracaso). La productividad de la vaca al momento del destete se estudió a través de: peso del becerro por vaca expuesta al servicio (PDVES, kg), peso del becerro sobre peso de la vaca (PD/PV, %), peso del becerro por vaca expuesta al servicio sobre peso de la vaca (PDVES/PV, %), peso del becerro sobre peso metabólico de la vaca (kg PD/kg PMV) y peso del becerro por vaca expuesta al servicio sobre peso metabólico de la vaca (kg PDVES/kg PMV).

Análisis de los datos

Para el análisis de las variables de respuesta, el modelo incluyó (TABLA II): como efectos fijos el peso corporal de la vaca, año (1993 a 2003) y época de parto (lluvias, junio a octubre; seca, noviembre a mayo), sexo de la cría; las covariables lineal y cuadrática de edad de la vaca al parto (para TP y TD se utilizó la edad de la vaca al servicio), y sólo las lineales de los efectos genéticos individual y materno de las razas fundadoras (Senepol, Barzona y otras), y de la heterosis individual y materna; como efecto aleatorio se consideró la vaca anidada en peso corporal; y sólo para EPP se incluyó el de semental, en lugar del de vaca. El efecto de sexo no se consideró para EPP, TP, TD y para las variables que involucraron TD; mientras que el efecto de edad de la vaca no se incluyó para EPP.

La información se analizó con el procedimiento MIXED de SAS [26] y la comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey. En los modelos finales se removieron las interacciones de primer orden no significativas ($P>0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los estadísticos descriptivos de las características estudiadas se muestran en la TABLA III. En general, las características reproductivas y las que involucran las tasas reproductivas tuvieron los coeficientes de variación de mayor magnitud, indicando que otros factores no considerados en el modelo causan variación importante en estas características, lo que dificulta su modelación. En este estudio el PD del becerro representó el 46% del peso de la madre, similar al estimado (47%) en vacas Angus, Charolais y sus cruces recíprocos [4]. Para PDVES/PV, Pala y col. [22], utilizando vacas Angus-Hereford, Brangus-Hereford y Gelbvieh-Hereford, estimaron un promedio (40,2%) mayor al del presente estudio (22,4%). Otros autores [21] publicaron para PDVES/PMV en vacas Hereford un promedio (1,42 kg kg^{-0,75}) superior al de este estudio (1,01 kg kg^{-0,75}). Dada la variación en genotipos, climas y condiciones de manejo, los niveles de comportamiento productivo y reproductivo son difíciles de comparar entre estudios.

Variables de crecimiento

Peso al nacimiento. El peso de la vaca no influyó ($P>0,10$) en el PN (TABLA II). Por el contrario, Olson y col. [21] encontraron efecto del tamaño de la vaca en el PN, observando que las vacas grandes y medianas produjeron crías más pesadas ($P<0,01$) que las vacas pequeñas y muy grandes. En ese estudio, a pesar de que hubo diferencias en PN entre vacas con diferente tamaño corporal, no se observó un efecto en la dificultad al parto. Otros autores [28] también encontraron que las vacas grandes de primer, segundo y tercer partos tuvieron crías con PN mayores ($P<0,01$) que las pequeñas y medianas. Similarmente, McMorris y Wilton [17] encontraron que las vacas grandes mostraron una tendencia a tener becerros más pesados que las pequeñas, y estimaron que por cada 10 kg de incremento en el peso de la vaca hubo un aumento ($P<0,01$) de 0,43 kg en el PN del becerro. Sin embargo, López de Torre y col. [11] no encontraron relación entre el PN de la cría y el tamaño de la madre.

TABLA I

PROMEDIO ± DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE PESO AL PRIMER SERVICIO (PPS) Y DE LOS VALORES GENÉTICOS PREDICHOS PARA PPS (VGPPS) POR CLASE DE PESO CORPORAL DE VACAS TROPICARNE / MEANS ± STANDARD DEVIATION FOR WEIGHT AT FIRST BREEDING (PPS) AND PREDICTED BREEDING VALUES FOR PPS (VGPPS) BY BODY WEIGHT CLASS OF TROPICARNE COWS

Peso corporal	N	PPS, kg	VGPPS, kg
Pequeño	235	325 ± 43,3	-3,68 ± 2,5
Mediano	236	343 ± 40,9	1,35 ± 1,1
Grande	236	363 ± 43,7	6,14 ± 2,5

TABLA II
NIVEL DE SIGNIFICANCIA (PROBABILIDAD) DE LOS EFECTOS FIJOS DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS /
LEVELS OF SIGNIFICANCE (PROBABILITY) OF FIXED EFFECTS FOR THE VARIABLES STUDIED[§]

Fuente de Variación	PN	PD	EPP	TP	TD	PDVES	PD/PV	PDVES/PV	PD/PMV	PDVES/PMV
Peso corporal	0,1045	0,0128	0,0191	0,3986	0,1341	0,0923	0,0040	0,0460	0,1117	0,0445
Año de parto	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Época de parto	0,5066	0,0132	0,0529	0,0001	0,0001	0,0001	0,0233	0,0001	0,0062	0,0001
Sexo	0,0001	0,0001					0,0001		0,0001	
Edad de la vaca, lineal	0,0395	0,0001		0,0001	0,0010	0,6147	0,0274	0,0618	0,6123	0,2423
Edad de la vaca, cuadrático	0,1502	0,0001		0,0001	0,0013	0,3205	0,9918	0,2233	0,0404	0,4664
Efecto genético individual, lineal										
Senepol	0,5625	0,1749	0,7927			0,0001	0,0537	0,0001	0,0824	0,0001
Barzona	0,4722	0,0698	0,8977			0,0001	0,0472	0,0001	0,0707	0,0001
Otras	0,6686	0,1451	0,9009			0,0001	0,0849	0,0001	0,1152	0,0001
Efecto genético materno, lineal										
Senepol	0,2835	0,5973	0,2448	0,3980	0,1007	0,0595	0,3601	0,0309	0,5486	0,0401
Barzona	0,2929	0,6653	0,2458	0,3829	0,0938	0,0556	0,3348	0,0258	0,5103	0,0336
Otras	0,3466	0,7257	0,2945	0,4519	0,1160	0,0603	0,2986	0,0357	0,4488	0,0457
Heterosis individual, lineal	0,1668	0,2315	0,0626			0,3765	0,1328	0,4447	0,1613	0,3876
Heterosis materna, lineal	0,7576	0,6280	0,6066	0,4161	0,5474	0,8846	0,6615	0,5461	0,6252	0,5654
Año de parto x época de parto	0,0006	0,0001					0,0137	0,0001	0,0009	0,0001
Año de parto x sexo	0,0001									

[§]PN = Peso al destete. PD = Peso al nacimiento. EPP = Edad al primer parto. TP y TD = Tasa de particiones y de destetes, por vaca expuesta al servicio. PDVES = Peso del becerro al destete por vaca expuesta al servicio. PD/PV = Peso del becerro sobre peso de la vaca en el momento del destete. PDVES/PV = Peso del becerro al destete por vaca expuesta al servicio sobre peso de la vaca. PD/PMV = Peso del becerro al destete sobre peso metabólico de la vaca. PDVES/PMV = Peso del becerro al destete por vaca expuesta al servicio sobre peso metabólico de la vaca.

TABLA III
ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS / DESCRIPTIVE STATISTICS FOR THE RESPONSE VARIABLES

Variable [§]	N	Media	DE	CV (%)	Mín.	Máx.
PN (kg)	1.238	33,8	1,4	4,0	30,0	38,0
PD (kg)	1.176	190,7	30,3	15,9	102,3	281,1
EPP (meses)	579	35,5	4,3	12,1	24,0	49,1
TP	1.891	0,72	0,45	62,1	0,00	1,00
TD	1.891	0,63	0,48	77,4	0,00	1,00
PDVES (kg)	1.891	119,5	95,7	80,1	0,0	312,6
PD/PV (%)	928	45,6	8,3	18,1	18,6	81,9
PDVES/PV (%)	1.891	22,4	23,5	105,1	0,0	81,9
PD/PMV (kg kg ^{-0,75})	928	2,1	0,3	16,4	0,9	3,5
PDVES/PMV(kg kg ^{-0,75})	1.891	1,0	1,1	104,5	0,0	3,5

[§]PN = Peso al Nacimiento. PD = Peso al Destete. TP y TD = Tasa de pariciones y de destetes, por vaca expuesta al servicio. EPP = Edad al primer parto. PDVES = Peso al destete del becerro por vaca expuesta al servicio. PD/PV = Peso al destete del becerro sobre peso de la vaca al momento del destete. PDVES/PV = Peso al destete del becerro por vaca expuesta al servicio sobre peso de la vaca al momento del destete. PD/PMV = peso al destete del becerro sobre peso metabólico de la vaca al momento del destete. PDVES/PMV = Peso al destete del becerro por vaca expuesta al servicio sobre peso metabólico de la vaca al momento del destete.

Las interacciones año x época y año x sexo influyeron ($P<0,01$) en la variabilidad de PN, indicando que las diferencias entre época de nacimiento y sexo se modifican a través de los años. En la mayoría de los estudios se ha observado que el año de parto afecta el PN [24, 25]; esta fuente de variación es compleja de explicar, ya que puede involucrar diversas causas como el clima, la alimentación y el manejo del hato, los cuales son aleatorios, por lo que en este trabajo los efectos de época de parto y sexo de la cría, se presentan promediados a través de los años. Los machos pesaron 1,2 kg (3,6%) más ($P<0,01$) que las hembras, similar a lo estimado por otros autores [24, 25].

La edad de la vaca influyó en el PN sólo en su función lineal ($P<0,04$), estimándose una pendiente de 194 g año⁻¹, y aunque la función cuadrática no fue significativa, se observó que las vacas en edades intermedias (8,2 años) produjeron becerros con los mayores PN, similar a lo encontrado en otros estudios con bovinos para carne [24, 25].

Peso al destete. El peso de la vaca influyó ($P<0,02$) en el PD (TABLA II). Las vacas grandes destetaron becerros más pesados (7,1 kg, TABLA IV) que las pequeñas, lo que puede resultar de una mayor capacidad de ingesta que se traduce en mayor disponibilidad de leche para el becerro. Stewart y Martin [27], estudiando la vida productiva de vacas Angus, Milking Shorthorn y sus cruces recíprocos, estimaron que por cada 100 kg de incremento en el peso de la vaca, el PD de las crías aumentó 13,2 kg ($P<0,01$), pero el número de becerros producidos disminuyó en 0,7 crías ($P<0,05$). Similarmente, Marshall y col. [16] estimaron que por cada 100 kg de incremento en el peso maduro de la vaca hubo un aumento ($P<0,05$) de 6,5 kg en PD del becerro. En otros estudios se encontraron asociaciones positivas entre PD y peso de la vaca [17] o entre PD y

altura a la grupa [28]. Por su parte, Olson y col. [21] observaron que las vacas pequeñas y muy grandes, tuvieron crías con PD menores que las medianas y grandes. En contraste con los resultados anteriores, otros autores [6, 11] no encontraron relación entre el peso de la vaca y el PD de la cría.

La interacción de año por época afectó ($P<0,01$) el PD, observándose un comportamiento diferencial entre épocas de acuerdo con los años estudiados. Los becerros nacidos en la época seca pesaron 4,7 kg más que los nacidos en lluvias, mientras que los machos pesaron al destete 11,6 kg (6,2%) más que las hembras. La edad de la vaca en su función lineal (18,2 kg año⁻¹) y cuadrática (-1,4 kg año⁻²) influyó ($P<0,01$) en el PD; las vacas en edades intermedias (6,4 años) produjeron los becerros más pesados al destete.

Variables reproductivas

Edad al primer parto. El peso de la vaca afectó ($P<0,02$) la EPP (TABLA II). Las vacas pequeñas fueron 1,1 meses menos ($P<0,05$) precoces al primer parto que las medianas (TABLA IV). Por el contrario, en un estudio con ganado Brahman, Olson [20] encontró que el incremento en tamaño de la vaca redujo la eficiencia reproductiva; las vacas grandes tuvieron edades mayores a la pubertad. Asimismo, Vargas y col. [28] observaron que la edad a la pubertad en vacas Brahman pequeñas (633 d) y medianas (626 d) fue menor ($P<0,05$) que en las grandes (672 d).

La EPP en Tropicarne (2,9 años) fue menor que la encontrada por otros autores [14, 23] en bovinos Cebú del trópico mexicano, fluctuando entre 3,0 y 4,6 años. El año de parto afectó ($P<0,01$) la EPP, lo que refleja diferencias en disponibilidad de recursos alimenticios a través de años.

TABLA IV
**MEDIAS DE CUADRADOS MÍNIMOS ± ERRORES ESTÁNDAR PARA VARIABLES DE CRECIMIENTO, REPRODUCTIVAS
 E INDICADORAS DE EFICIENCIA, EN VACAS CON DIFERENTE POTENCIAL GENÉTICO PARA PESO CORPORAL /
 LEAST SQUARES MEANS ± STANDARD ERRORS FOR GROWTH, REPRODUCTIVE AND EFFICIENCY VARIABLES, IN COWS WITH DIFFERENT
 PREDICTED GENETIC VALUE FOR BODY WEIGHT**

Variable [§]	Peso Corporal de la Vaca		
	Pequeña	Mediana	Grande
Peso al nacimiento, kg	33,8 ± 0,1 ^a	33,9 ± 0,1 ^a	34,0 ± 0,1 ^a
Peso al destete, kg	189,3 ± 1,9 ^a	193,3 ± 1,9 ^{ab}	196,4 ± 1,8 ^b
Edad al primer parto, meses	36,1 ± 0,3 ^a	35,0 ± 0,3 ^b	35,2 ± 0,3 ^{ab}
Tasa de pariciones	0,69 ± 0,02 ^a	0,65 ± 0,02 ^a	0,66 ± 0,02 ^a
Tasa de destetes	0,59 ± 0,03 ^a	0,53 ± 0,02 ^a	0,59 ± 0,02 ^a
PDVES, kg	112,3 ± 4,8 ^a	103,0 ± 4,6 ^a	116,6 ± 4,6 ^a
PD/PV, %	47,4 ± 0,7 ^a	45,8 ± 0,7 ^{ab}	44,7 ± 0,7 ^b
PDVES/PV, %	21,5 ± 1,2 ^a	18,2 ± 1,1 ^a	21,4 ± 1,1 ^a
PD/PMV, kg kg ^{-0,75}	2,11 ± 0,03 ^a	2,07 ± 0,03 ^a	2,04 ± 0,03 ^a
PDVES/PMV, kg kg ^{-0,75}	0,96 ± 0,05 ^a	0,82 ± 0,05 ^a	0,98 ± 0,05 ^a

^{ab} Medias sin una letra en común, dentro de hileras, son diferentes (P<0,05).

[§]PN = Peso al nacimiento. PD = Peso al destete. EPP = Edad al primer parto. TP y TD = Tasa de pariciones y de destetes, por vaca expuesta al servicio. PDVES = Peso del becerro al destete por vaca expuesta al servicio. PD/PV = Peso del becerro sobre peso de la vaca en el momento del destete. PDVES/PV = Peso del becerro al destete por vaca expuesta al servicio sobre peso de la vaca. PD/PMV = Peso del becerro al destete sobre peso metabólico de la vaca. PDVES/PMV = Peso del becerro al destete por vaca expuesta al servicio sobre peso metabólico de la vaca.

Tasa de parición. El peso de la vaca no afectó (P>0,39) la TP (TABLA II). Similarmente, Olson y col. [21] tampoco encontraron diferencias en TP entre vacas Hereford de diferente tamaño. Sin embargo, Vargas y col. [28] observaron que las vacas Brahman de estatura alta tuvieron menor (P<0,05) TP durante el segundo parto que las medianas y pequeñas, y que en el tercer parto la TP de las pequeñas fue mayor (P<0,05) que la de las medianas y altas. Buttram y Willham [2], utilizando animales de un experimento diseñado para desarrollar tres líneas sintéticas con diferente tamaño corporal, también encontraron que las vacas pequeñas tuvieron una TP mayor (P<0,05) que las grandes, con un valor intermedio para las medianas.

El año y la época de parto influyeron (P<0,01) en la TP. Las vacas que parieron en la época seca tuvieron TP mayores (0,17) que las paridas en lluvias, posiblemente debido a mayor disponibilidad de nutrimentos en lluvias, que permitió un mayor porcentaje de vacas gestantes en ese periodo. La edad de la vaca al servicio en su función lineal (-0,16 año⁻¹) y cuadrática (0,01 año⁻²) influyó (P<0,01) en la TP; las vacas alcanzaron la menor TP cuando entraron al servicio aproximadamente a los 5,5 años de edad.

Tasa de destete. La tasa de destete (0,62) fue superior a la encontrada por otros autores [23, 29] en vacas Cebú del trópico mexicano, variando entre 0,48 y 0,52. El peso de la vaca no afectó (P>0,13) la TD (TABLA II), lo que coincide con lo encontrado por Olson y col. [21]. Por el contrario, López de Torre y col. [11] indicaron que un aumento de 100 kg en el

peso maduro de la vaca, se tradujo en una reducción (P<0,05) de 0,5 becerros destetados en su vida productiva.

El año y época de parto influyeron (P<0,01) en la TD. Las vacas que parieron en la época seca tuvieron mayor TD que las paridas en lluvias (0,65 vs 0,48). La edad de la vaca al servicio en su función lineal (-0,09 año⁻¹) y cuadrática (0,01 año⁻²) influyó (P<0,01) en la TD; las vacas presentaron la menor TD cuando entraron al servicio a los 5,7 años de edad.

Indicadores de eficiencia

Peso al destete del becerro por vaca expuesta al servicio. El peso de la vaca no influyó (P>0,09) en el PDVES (TABLA II); sin embargo, las vacas grandes tendieron a producir mayor PDVES que las medianas (13,6 kg, 13,2%) y pequeñas (4,4 kg, 3,9%, TABLA IV). Lo anterior es similar a los resultados de Olson y col. [21], quienes observaron que las vacas grandes destetaron más PDVES que las pequeñas, medianas y muy grandes. Por el contrario, Vargas y col. [28] encontraron que las vacas pequeñas y medianas tendieron a destetar más PDVES que las grandes. Jenkins y Ferrell [7] evaluaron las razas bovinas Angus, Braunvieh, Charolais, Gelviah, Hereford, Limousin, Red Poll, Pinzgauer y Simmental, variando la disponibilidad de alimento y estimaron mayores PDVES en las vacas Red Poll (la de menor tamaño) cuando el consumo de materia seca fue menor que 4,100 kg vaca⁻¹ año⁻¹; sin embargo, cuando el consumo fue mayor que 6,500 kg vaca⁻¹ año⁻¹, éstas mostraron los menores PDVES.

Las vacas que parieron en la época seca tuvieron mayor ($P<0,01$) PDVES (34,5%) que las paridas en lluvias. La edad de la vaca al parto en su función lineal y cuadrática no influyó ($P>0,32$) en el PDVES.

Peso al destete del becerro sobre peso de la vaca al momento del destete. El PD/PV se ha utilizado como indicador de eficiencia [4, 9, 12], representando el numerador, las salidas o producto vendible y el denominador, los insumos o gasto de energía en el sistema. El peso de la vaca afectó ($P<0,01$) el PD/PV (TABLA II). Las vacas pequeñas destetaron una mayor ($P<0,05$; TABLA IV) proporción de kilogramos de becerro, con respecto a su peso, que las grandes (47,4 vs 44,7%). En bovinos Red Poll, Marshall y col. [16] estudiaron la relación entre las características de la curva de crecimiento, vida productiva y eficiencia de conversión, y observaron que las vacas pequeñas fueron más eficientes que las grandes en la producción de becerros hasta el destete.

El uso de PD/PV como indicador de eficiencia productiva hasta el destete ha sido motivo de controversia. Dinkel y Brown [4] evaluaron el PD/PV como predictor de la eficiencia de la vaca, concluyendo que el uso del peso de la vaca en este cociente no tuvo ventajas en comparación con el uso sólo del PD; estos autores recomendaron el uso de una ecuación de predicción que incluya el peso al destete del becerro y el peso de la vaca. Por el contrario, en los pastizales de Montana, EUA., Kress y col. [9] concluyeron que el PD/PV estimó con precisión la eficiencia biológica de la producción de becerros hasta el destete. Asimismo, MacNeil [12] evaluó la respuesta a la selección con base en PD/PV en una raza sintética (1/2 Angus Rojo, 1/4 Charolais, 1/4 Tarentaise) y encontró complicaciones al usar este cociente como criterio de selección; por ejemplo, la selección para el cociente implica simultáneamente incrementar el peso al destete del becerro y reducir el peso de la vaca, lo cual fue opuesto al signo de la correlación genética entre estas características (0,91).

Las vacas con cría macho produjeron una mayor ($P<0,01$) proporción (3%) de PD/PV, que las vacas con cría hembra. La interacción de año y época de parto afectó ($P<0,05$) el PD/PV. El comportamiento de las vacas que parieron en la época seca fue 1,9% mayor que las que parieron en lluvias. Además, se observó una reducción ($P<0,03$) de 1,3% en PD/PV por cada año que se incrementó la edad de la vaca al parto, lo que sugiere una reducción en la eficiencia de vacas con mayor edad.

Peso al destete del becerro por vaca expuesta al servicio sobre peso de la vaca al momento del destete. El peso corporal de la vaca fue importante ($P<0,05$) para el PDVES/PV (TABLA II). Las vacas medianas tendieron a mostrar una productividad inferior ($P<0,09$) que la de las pequeñas y grandes (TABLA IV), posiblemente debido a una menor tasa de destetes de las primeras. En una evaluación de becerros cruzados de vacas Angus-Hereford, Brangus-Hereford y

Gelbvieh-Hereford, en Carolina del Norte, E.U.A., Pala y col. [22] analizaron este cociente y encontraron que las vacas que involucraron Angus tuvieron mayor ($P<0,05$) PDVES/PV que las que involucraron Brangus y Gelbvieh (42,4; 41,0 y 37,2%, respectivamente); esto a pesar de que los pesos al destete de los becerros hijos de vacas Angus-Hereford fueron menores ($P<0,05$) que los de Gelbvieh-Hereford (262 vs 271 kg). La variabilidad en PDVES/PV entre épocas dependió del año de parto ($P<0,01$), pero en promedio las vacas que parieron en la época seca mostraron valores de PDVES/PV un 10,6% más elevado que las paridas en lluvias, debido posiblemente a que la mayor disponibilidad de recursos alimenticios (época de lluvias) coincide con la etapa en la que el becerro puede aprovecharlos mejor.

Peso al destete del becerro sobre peso metabólico de la vaca al momento del destete. El peso corporal de la vaca no influyó ($P>0,11$) en el PD/PMV (TABLA II). Sin embargo, las vacas pequeñas mostraron una tendencia a destetar más PD/PMV que las medianas y las grandes; por ejemplo, las vacas pequeñas destetaron 41 y 68 g más por kilogramo de peso metabólico que las medianas y grandes (TABLA IV). Dinkel y Brown [4] evaluaron este cociente y encontraron un promedio de 2,19 kg PD/kg PMV, que es ligeramente mejor al estimado en este estudio (2,1 kg PD/kg PMV). Estos autores compararon la exactitud de PD, PD/PV y PD/PMV en la predicción de eficiencia (NDT consumidos por la vaca y el becerro/PD), encontrando que la exactitud al utilizar sólo PD se reduce, al dividirlo ya sea por el peso de la vaca o por el peso metabólico de la vaca, existiendo una ligera ventaja en términos del coeficiente de determinación (R^2) del modelo de predicción cuando se usó el peso metabólico de la vaca.

El año y época de parto, su interacción, y el sexo de la cría influyeron en el PD/PMV ($P<0,01$). Los machos fueron 0,13 kg PD/kg PMV más pesados que las hembras; asimismo, las vacas que parieron en la época seca superaron en 0,09 kg PD/kg PMV a las paridas en lluvias. La edad de la vaca sólo fue importante en su función cuadrática ($P<0,05$).

Peso al destete del becerro por vaca expuesta al servicio sobre peso metabólico de la vaca al momento del destete. El peso de la vaca influyó ($P<0,05$) en el PDVES/PMV (TABLA II). Las vacas medianas tendieron a producir menor (15,7%; $P<0,06$) PDVES/PMV que las grandes (TABLA IV). Olson y col. [21] estimaron el PDVES/PMV en 1,63; 1,39; 1,51 y 1,15 kg PD/kg PMV, para vacas pequeñas, medianas, grandes y muy grandes, respectivamente; las vacas muy grandes, a pesar de su mayor peso al desecho, no destetaron suficientes kilogramos adicionales de becerro para ser económicamente eficientes y compensar el menor número de vacas que podrían mantenerse dentro de un área y disponibilidad de recursos alimenticios hijos.

El año, la época de parto y su interacción influyeron ($P<0,01$) en el PDVES/PMV. Las vacas que parieron en la

época seca produjeron 0,48 kg PD/kg PMV más PDVES/PMV que las paridas en lluvias. La edad de la vaca al parto en su función lineal o cuadrática no afectó ($P>0,24$) el PDVES/PMV.

Con el fin de integrar los resultados de las variables analizadas en términos de indicadores de eficiencia, a continuación se discute brevemente las relaciones entre indicadores y las posibles implicaciones. Uno de los indicadores de eficiencia productiva de las vacas fue PDVES, que combina reproducción, pesos al destete y habilidad materna de las vacas hasta el destete; las vacas genéticamente grandes tendieron a mostrar un mejor comportamiento productivo que las medianas y las pequeñas. Cuando se expresó el PD como proporción del peso de la vaca (PD/PV) o del peso metabólico de la vaca (PD/PMV), el comportamiento cambió notoriamente, ya que las vacas pequeñas mostraron mejores PD/PV que las grandes. Es decir, a pesar que las vacas pequeñas tuvieron PD menor que las grandes, su productividad en términos de PD/PV fue superior a la de las grandes. Otros dos indicadores de productividad de la vaca hasta el destete que, a diferencia de PD/PV y PD/PMV, incorporan la fertilidad hasta el destete fueron PDVES/PV y PDVES/PMV. Nuevamente se observó una influencia importante de la TD en el comportamiento de PDVES/PV y PDVES/PMV, donde las vacas pequeñas y las grandes fueron similares, y tendieron a ser más productivas que las medianas. En general, con excepción de cambios en el nivel de significancia del efecto de peso corporal de la vaca, no se observó gran variación en la tendencia de los cocientes a través del peso de la vaca, al utilizar como denominador el peso de la vaca vs el peso metabólico de la vaca.

Es importante reconocer que los indicadores de productividad evaluados en este estudio, no consideran la variabilidad en vida productiva, la proporción de reemplazos y desechos, los pesos de las vacas al desecho y las diferencias en carga animal en sistemas de producción extensivos. En un estudio de simulación considerando diferencias en carga animal para tres tamaños de vacas (pequeñas, medianas y grandes) en un sistema de producción en pastoreo, Long y col. [10] observaron que las vacas pequeñas tuvieron mayores pesos vivos en vacas de desecho, novillos y vaquillas para venta, y mayores ingresos económicos que con las vacas medianas y grandes. En el presente estudio se calculó el peso total de becerros destetados por vaca expuesta al servicio, utilizando los promedios de peso de las vacas, PD y TD, y suponiendo una finca con 100 ha y una carga animal de 450 kg de peso vivo de las vacas ha^{-1} ; se encontró que las vacas genéticamente pequeñas tuvieron una productividad hasta el destete 12,8 y 3,6% mayor que las medianas y grandes, respectivamente.

En un estudio con bovinos Hereford, Angus, Shorthorn y sus cruces recíprocos, se comparó la eficiencia biológica y económica de vacas que parieron por primera vez a los dos vs tres años de edad [19], encontrándose que las vacas que parieron por primera vez a los dos años de edad tuvieron pesos

menores durante su vida y una mayor productividad, que las que parieron por primera vez a los tres años de edad. Varios autores [11, 16, 27] reportaron asociaciones negativas entre el peso adulto de las vacas y su vida productiva, indicando mayor eficiencia en vacas de tamaño pequeño que en las grandes. Lo anterior sugiere que, de haberse considerado en el presente estudio las variables relacionadas con vida productiva, posiblemente las diferencias en productividad entre pesos corporales hubiesen sido consistentemente a favor de las vacas pequeñas.

CONCLUSIONES

En las condiciones tropicales del noreste de México, las vacas Tropicarne con potencial genético para peso corporal grande produjeron becerros más pesados al destete que las pequeñas, y tuvieron tasas de parición y de destete similares a las pequeñas y medianas. Sin embargo, las vacas pequeñas fueron más productivas que las grandes al momento del destete, cuando se expresó el peso del becerro como proporción del peso de la vaca.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a la Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Tropicarne por facilitar la información para realizar este estudio. El agradecimiento se hace extensivo a la Secretaría de Relaciones Exteriores del Gobierno de México a través del Programa de Becas para Extranjeros, quien apoyó al segundo autor para realizar los estudios de Maestría en Ciencias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BOLDMAN, K.G.; KRIESE, L.A.; VAN VLECK, L.D.; VAN TASSELL, C.P.; KACHMAN, S.D. **A Manual for Use of MTDFREML**. A set of programs to obtain estimates of variances and covariances (DRAFT). USDA. ARS. 114 pp. 1995.
- [2] BUTTRAM, S.T.; WILLHAM, R.L. Size and management effects on reproduction in first-, second- and third- parity beef cows. **J. Anim. Sci.** 67:2191-2196. 1989.
- [3] DICKERSON, G.E. Animal size and efficiency: basic concepts. **Anim. Prod.** 27:367-379. 1978.
- [4] DINKEL, C.A.; BROWN, M.A. An evaluation of the ratio of calf weight to cow weight as an indicator of cow efficiency. **J. Anim. Sci.** 46:614-617. 1978.
- [5] DOMÍNGUEZ-VIVEROS, J., NÚÑEZ-DOMÍNGUEZ, R.; RAMÍREZ-VALVERDE, R.; RUIZ-FLORES, A. Genetic evaluation of growth traits in Tropicarne cattle: I. Model selection. **Agrocien.** 37:323-335. 2003.

- [6] FISS, C.F.; WILTON, J.W. Contribution of breed, cow weight, and milk yield to the preweaning, feedlot, and carcass traits of calves in three beef breeding systems. **J. Anim. Sci.** 71:2874-2884. 1993.
- [7] JENKINS, T.G.; FERRELL, C.L. Productivity through weaning of nine breeds of cattle under varying feed availabilities: I. Initial evaluation. **J. Anim. Sci.** 72:2787-2797. 1994.
- [8] JENKINS, T.G.; KAPS, M.; CUNDIFF, L.V.; FERRELL, C.L. Evaluation of between- and within-breed variation in measures of weight-age relationships. **J. Anim. Sci.** 69:3118-3128. 1991.
- [9] KRESS, D.D.; ANDERSON, D.C.; STEVENS, J.D.; MILLER, E.T.; HIRSCH, T.S.; SPRINKLE, J.E.; DAVIS, K.C.; BOSS, D.L.; BAILEY, D.W.; ANSOTEGUI, R.P.; TESS, M.W. Calf weight/cow weight ratio at weaning as a predictor of beef cow efficiency. **Proc. Western Section, Amer. Soc. Anim. Sci.** 52:1-3. 2001.
- [10] LONG, C.R.; CARTWRIGHT, T.C.; FITZHUGH JR., H.A. Systems analysis of sources of genetic and environmental variation in efficiency of beef production: cow size and herd management. **J. Anim. Sci.** 40:409-420. 1975.
- [11] LÓPEZ DE T., G.; CANDOTTI, J.J.; REVERTER, A.; BELLIDO, M.M.; VASCO, P.; GARCIA, L.J.; BRINKS, J.S. Effects of growth curve parameter on cow efficiency. **J. Anim. Sci.** 70:2668-2672. 1992.
- [12] MACNEIL, M.D. Genetic evaluation of the ratio of calf weaning weight to cow weight. **J. Anim. Sci.** 83:794-802. 2005.
- [13] MADEREY-RASCÓN, L.E.R.; CRUZ-NAVARRO, F.; GODÍNEZ-CALDERÓN, L. Relación entre los fenómenos acuosos y los elementos térmicos del clima en México. **Agrocien.** 35:23-40. 2001.
- [14] MAGAÑA, J.G.; DELGADO DE L., R.; SEGURA, C.J. Efecto del año y época de parto en el peso al nacer y edad al primer parto de vacas Cebú en Yucatán, México. **Mem. XXX Reun. Anual Asoc. Mex. Prod. Anim.** Guadalajara. 10/13-16. México. 69-72pp. 2002.
- [15] MANSKE, L.L. Animal unit equivalent for beef cattle based on metabolic weight. North Dakota State University "Dickinson Research Extension Center". **Grassland Res. Report. I.** 1-3pp. 1998.
- [16] MARSHALL, T.E.; MOHLER, M.A.; STEWART, T.S. Relationship of lifetime productivity with mature weight and maturation rate in Red Poll cows. **Anim. Prod.** 39:383-387. 1984.
- [17] MCMORRIS, M.R.; WILTON, J.W. Breeding system, cow weight and milk yield effects on various biological variables in beef production. **J. Anim. Sci.** 63:1361-1372. 1986.
- [18] NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Feed intake. **Nutrient Requirements of Beef Cattle.** 7th Ed. Revised. Nat. Acad. Press, Washington, D. C. 248pp. 1996.
- [19] NÚÑEZ-DOMÍNGUEZ, R.; CUNDIFF, L.V.; DICKERSON, G.E.; GREGORY, K.E.; KOCH, R.M. Lifetime production of beef heifers calving first at two vs three years of age. **J. Anim. Sci.** 69:3467-3479. 1991.
- [20] OLSON, T.A. Reproductive efficiency of cows of different sizes. **42nd Annual Florida Beef Cattle Short Course Proc.** Gainesville, Fl. University of Florida (Gainesville). Animal Science Department. 1993. On line. <http://www.animal.ufl.edu/extension/beef/short-course/1993/OLSON.PDF>. 18 de julio de 2008.
- [21] OLSON, L.W.; PESCHEL, D.E.; PAULSON, W.H.; RUTLEDGE, J.J. Effects of cow size on cow productivity and on calf growth, postweaning growth efficiency and carcass traits. **J. Anim. Sci.** 54:704-712. 1982.
- [22] PALA, A.; ROBISON, O.W.; MCCRAW, R.L. Evaluation of crossbred calf and cow types for the coastal plain of North Carolina. **J. Anim. Sci.** 78:2253-2256. 2000.
- [23] RÍOS, A.; VEGA, V.E.; MONTAÑO, M.; LAGUNES, J.; ROSETE, J.V. Comportamiento reproductivo de vacas Brahman, Indobrasil y cruza F1, Angus, Charolais, Hereford y Suizo Pardo x Cebú y peso al destete de sus crías. **Téc. Pec. Méx.** 34(1):20-28. 1996.
- [24] ROJAS, J.E.; REYNOSO, O.; LAGUNES, J.; VÁSQUEZ, C.G. Comportamiento productivo del ganado Brahman e Indobrasil en clima subtropical húmedo. I. Comportamiento al destete. **Téc. Pec. Méx.** 25(3):281-288. 1987.
- [25] SEGURA, C.J.; GONZÁLEZ, G.G. Influencia de algunas fuentes de variación sobre el intervalo entre partos y pesos hasta el año de edad en un hato Brahman del noreste de México. **Agrocien.** 2(3):243-252. 1992.
- [26] STATISTIC ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. SAS/STAT[®]. User's guide, Version 6. 4th Ed. Vol. 2. 846 pp. 2001.
- [27] STEWART, T.S.; MARTIN, T.G. Mature weight, maturation rate, maternal performance and their interrelationships in purebred and crossbred cows of Angus and Milking Shorthorn parentage. **J. Anim. Sci.** 52:51-56. 1981.
- [28] VARGAS, C.A.; OLSON, T.A.; CHASE, JR., C.C.; HAMMOND, A.C.; ELZO, M.A. Influence of frame size and body condition score on performance of Brahman cattle. **J. Anim. Sci.** 77:3140-3149. 1999.
- [29] VEGA, V.E.; RÍOS, A.; MONTAÑO, M.; LAGUNES, J.; CALDERÓN, R.C. Comportamiento productivo hasta el destete de vacas Cebú apareadas con sementales *Bos taurus* y *Bos indicus*. **Téc. Pec. Méx.** 34(1):12-19. 1996.