

Cost of the calving interval in tropical bovine production in southeastern Mexico

Costo del intervalo interparto en la producción bovina tropical del sureste de México

Torres-Aburto, Víctor Fernando¹; Domínguez-Mancera, Belisario¹; Vazquez-Luna, Dinora^{1,2*}; Espinosa Ortiz, Valentín Efrén³

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Doctorado en Ciencias Agropecuarias, Universidad Veracruzana, Veracruz, Veracruz de Ignacio de la Llave, Mexico, C. P. 91710. ²Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria, Centro de Estudios Interdisciplinarios en Agrobiodiversidad, Universidad Veracruzana, Acayucan, Veracruz, Mexico, C. P. 96100. ³Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Autónoma de México, Departamento de Economía, Administración y Desarrollo Rural, Universidad Autónoma de México, Mexico, C. P. 04510.

*Autor para correspondencia: divazquez@uv.mx

ABSTRACT

Objective: To analyze the cost of the calving interval (CI) in cattle production in humid tropic of south-eastern Mexico and to predict the possible economic losses of farms in the humid tropics.

Design/methodology/approach: Tropical farms corresponding to 1,200 cattle of the breeds: Simmental, Simbrha, Brahman and F1 crosses grazing, were analyzed. One-way ANOVA was used to compare costs among breeds. Linear regression was used to obtain the relationship between cow age and CI.

Results: The cost of a day without pregnancy reached USD \$0.99 (± 0.05), and a cow that did not calve for one year represented an investment loss of USD \$359.00 (± 11.72) in relation to production costs.

Limitations on study/implications: The income obtained from the sale of a calf at weaning and milk amounted to USD \$734.10 (± 16.98).

Findings/conclusions: No significant differences were found between the races ($p < 0.05$) and the CI, however, there was a positive relationship ($r = 0.9326$, $r^2 = 0.8698$, $p < 0.05$) between the CI and the increase in the age of the cow.

Keywords: Rural development, economic efficiency, food security, extensive production.

RESUMEN

Objetivo: El objetivo fue analizar el costo del Intervalo Interparto (IIP) en la producción de ganado vacuno del sureste de México, y predecir las posibles pérdidas económicas en las granjas tropicales.

Diseño/metodología/aproximación: Se analizaron granjas tropicales correspondientes a 1,200 bovinos de las razas: Simmental, Simbrha, Brahman y cruza F1, en pastoreo. Se utilizó el ANOVA unidireccional para comparar los costos entre las razas. La regresión lineal se utilizó para obtener la relación entre la edad de la vaca y el IIP.

Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 7, julio, 2020. pp: 45-51.

Recibido: febrero, 2020. **Aceptado:** junio, 2020.

Resultados: El costo de un día sin preñez alcanzó los USD \$0.99 (± 0.05), y una vaca que no parió durante un año representó una pérdida, para el productor, de US \$359.00 (± 11.72), en relación con los costos de producción.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Los ingresos obtenidos de la venta de un becerro al destete y la leche generada, ascendieron a USD \$734.10 (± 16.98).

Hallazgos/conclusiones: No se encontraron diferencias significativas entre las razas ($p < 0.05$) y el IIP, sin embargo, hubo una relación positiva ($r = 0.9326$, $r^2 = 0.8698$, $p < 0.05$) entre el IIP y el incremento de la edad de la vaca.

Palabras clave: Desarrollo rural, eficiencia económica, seguridad alimentaria, producción extensiva.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con datos del crecimiento demográfico previsto para 2050, se estima que el consumo de carne y leche aumentará entre 60 y 70% a nivel mundial, en comparación con los valores actuales (Makkar, 2014). Sin embargo, la mayor fuente de proteína animal se producirá en los países en vías de desarrollo, muchos de los cuales se encuentran en los trópicos húmedos. Uno de los principales desafíos de las granjas ganaderas tropicales es reducir el Intervalo Interparto (IIP), debido a que generalmente, éste es mayor de 30 meses (Stroebel et al., 2011). Cabe mencionar, que en el sureste mexicano, el manejo tradicional es el extensivo, el cual consiste en permitir que los toros y las vacas permanezcan juntas durante todo el año, en este sistema, los nacimientos pueden ocurrir durante periodos críticos, disminuyendo las tasas de gestación y aumentando la muerte perinatal y el bajo peso al nacer (Giordano et al., 2012).

El rendimiento reproductivo es uno de los principales factores que influyen en el éxito del sistema de producción bovina, por ello, es crucial mejorarlo (Galvão et al., 2013). El IIP es uno de los principales indicadores en la evaluación del desempeño reproductivo de un hato, es decir, un IIP más prolongado produce pérdidas económicas, acorta la vida reproductiva de las vacas y reduce el número de partos (Hernández et al., 2011), aunque éste puede verse afectado por la raza, el medio ambien-

te y la edad. Al respecto, un IIP ideal en un sistema de producción bovina es de 365 días después de la primera inseminación artificial o apareamiento directo, para lograr un parto por vaca por año (Inchaisri et al., 2010). Esto significa que al restar 283 días de gestación, de 365 días del año, las hembras deben quedar preñadas nuevamente, 82 días después del parto, considerando de 40 a 60 días de involución uterina, en condiciones de pastoreo (Pérez et al., 2001). En los trópicos, las vacas tienen solo uno o dos celos para lograr la próxima gestación y mantener el intervalo de 12 meses entre partos, en el caso de la cría natural, del 65 al 75% de las vacas deben concebir dentro de los primeros 90 días después del parto. Por tanto, es necesario que del 95 al 100% de las vacas muestren signos de estro después del puerperio (40 días después del parto), para obtener una tasa de concepción del 70 al 80%. Es posible lograr este objetivo de producción, pero dependerá de las diferentes características de manejo del ganado y de la región en la que se encuentran (Piccardi et al., 2013). Por todo lo anterior, el objetivo de este estudio fue analizar el costo del IIP del ganado bovino, en el trópico húmedo, del sureste de México y predecir las posibles pérdidas económicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el municipio de Juan Rodríguez Clara, ubicado en la zona sur del estado de Veracruz, México, a 17° 59' 24" N y 95° 24' 14.04" O, a 130 metros sobre el nivel del mar. El clima es cálido y húmedo, con una precipitación media anual de 1600 mm, la mayor parte de la lluvia se registra entre julio y noviembre. La temperatura mensual más alta se registra en mayo (38 °C) y la más baja en enero (12 °C). Los datos se recopilaron de marzo de 2015 a marzo de 2017. Se analizaron las unidades de producción, registrándose 1,200 vacas de las cruzas Simmental, Simbrah, Brahman y F1, con edades que variaron de 3 a 10 años, las cuales fueron estratificadas. La alimentación fue exclusivamente con pastoreo de: *Cynodon nlemfuensis*, *Digitaria eriantha* y *Panicum maximum*. El programa de vacunación consistió en vacunas contra enfermedades del complejo clostridial bovino (*Clostridium chauvoei*, *C. septicum*, *C. sordellii*, *C. novyi* y *C. perfringens* tipo C y D; y rabia parálítica bovina (Roth, 2011).

Los costos de producción se registraron semanalmente y se clasificaron como costos fijos la mano de obra, depreciación animal, depreciación de instalaciones, depreciación de equipos motorizados y equipos no

motorizados, pago de agua, pago de energía eléctrica; los costos variables fueron la alimentación de vacas y toros, el programa de salud, la evaluación de la aptitud reproductiva del toro, los servicios médicos veterinarios y los medicamentos. La principal función zootécnica fue la producción de becerros para la venta al destete, al alcanzar un peso de 180 kg (± 5.2) y una edad de 8 meses (± 0.75). El costo de oportunidad se estimó por la disminución de los ingresos obtenidos de la producción de leche y la venta de terneros al destete. El costo de oportunidad de la leche se obtuvo al estimar la producción diaria promedio de leche por vaca y el precio de venta durante un período de lactancia de siete meses (± 0.53). Para el costo de oportunidad en terneros, utilizamos el precio de venta por kilogramo y el peso de los animales al momento del destete.

Las variables económicas se calcularon de acuerdo con las siguientes ecuaciones: IIP (1), a) costos fijos: mano de obra (2), depreciación del ganado (3), equipo motorizado (4), equipo no motorizado (5), depreciación de instalaciones (6), pagos de agua (7) pagos de electricidad (8); b) costos variables: alimentación de vacas (9), alimentación de toros (10), programa de salud (11), evaluación de solidez de la cría de toros (12), servicios médicos veterinarios (13), costo total (14) y costo de oportunidad (15). Estas variables se calcularon para cada vaca en el período de estudio. Se calculó el costo de oportunidad para la venta de leche y el costo de un ternero para destetar por vaca por año (Inchaisri et al., 2010). En el primer caso, la producción promedio de leche se estimó en un ciclo pro-

ductivo (siete meses) y con un precio de venta de USD \$0.22 dólares por litro, mientras que, para el segundo caso, consideramos un peso promedio de 180 kg al momento del destete y un precio de USD \$2.90 por kg. El tipo de cambio al momento de la investigación era de \$17.11 pesos mexicanos por dólar estadounidense (www.banxico.org.mx, 2017). Los resultados se presentaron en dólares estadounidenses (USD \$).

$$IIP = \frac{\text{Número de días entre dos nacimientos consecutivos}}{\text{Total de vacas en el rebaño}} \quad (1)$$

$$\text{Labor} = \frac{\text{Pago laboral}}{\text{Número de vacas}} \quad (2)$$

$$\text{Depreciación de la vaca} = \frac{Vi - Vr}{Vu} \quad (3)$$

Donde: Vi =Valor inicial, Vr =Valor de recuperación, Vu =Años de vida útil.

$$\text{Depreciación de equipo motorizado} = \frac{Vi - Vr}{Vu} \quad (4)$$

Donde: Vi =Valor inicial, Vr =Valor de recuperación=5%, Vu =Años de vida útil=10 años

$$\text{Depreciación de equipos no motorizados} = \frac{Vi - Vr}{Vu} \quad (5)$$

Donde: Vi =Valor inicial, Vr =Valor de recuperación=7%, Vu =Años de vida útil=5 años

$$\text{Depreciación de instalaciones} = \frac{Vi - Vr}{Vu} \quad (6)$$

Donde: Vi =Valor inicial, Vr =Valor de recuperación=7%, Vu =Años de vida útil=10 años

$$\text{Costo del agua} = \frac{\text{Pago por consumo de agua}}{\text{Número de vacas}} \quad (7)$$

$$\text{Pago de energía eléctrica} = \frac{\text{Pago de energía eléctrica}}{\text{Número de vacas}} \quad (8)$$

$$\text{Costo de alimentación de la vaca} = \frac{\text{Costo de alimentación de las vacas en pastoreo}}{\text{Número de vacas}} \quad (9)$$

$$\text{Costo de alimentación del toro} = \frac{\text{Costo de alimentación en pastoreo del toro}}{\text{Número de vacas}} \quad (10)$$

$$\text{Programa de sanidad} = \frac{\text{Costo de un programa de vacunación}}{\text{Número de vacas}} \quad (11)$$

$$\text{Evaluación reproductiva del toro} = \frac{\text{Costo de evaluación de toros}}{\text{Número de vacas}} \quad (12)$$

$$\text{Servicio veterinario} = \frac{\text{Costo del diagnóstico de gestación}}{\text{Número de vacas}} \quad (13)$$

$$\text{Costos totales} = \text{Total de costos fijos} + \text{Total de costos variables} \quad (14)$$

$$\text{Costos de oportunidad} = \text{Precio de compra} + \text{valor de disposición} * \text{Tasa de interés} \quad (15)$$

Se utilizó un ANOVA unidireccional del módulo GLM del software estadístico STATISTICA V11.0 para analizar los días y el costo del Iip, utilizando los costos de oportunidad y los costos totales entre las diferentes razas del estudio. Además, se usó un análisis de regresión lineal simple para determinar la correlación entre la edad de la vaca y el intervalo entre nacimientos. Las figuras se construyeron con el software Sigma Plot v10.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los costos fijos diarios fueron de USD \$0.49 por vaca, los segmentos de trabajo y depreciación del ganado (USD \$0.22 y US \$0.5, respectivamente) constituyeron la proporción más alta (Cuadro 1). Los costos variables totales alcanzaron USD \$0.50 por vaca; la alimentación del ganado representó USD \$0.36 y la evaluación de la buena cría del toro alcanzó USD \$0.01, éstas fueron las categorías más altas. El costo total diario de un día abierto por una vaca fue de USD \$0.99. Cada año, una vaca que no pare, le cuesta al productor USD \$361.35 por mantenimiento. Sin embargo, la pérdida anual aumenta a USD \$1,093.18 por vaca por año, porque no se perciben USD \$223.87 por la venta de leche durante la lactancia y USD \$510.23 por la venta del becerro (Cuadro 1). El Iip promedio fue de 578 (± 5.50) días (Figura 1), pero no hubo diferencias significativas entre las razas, en ninguna de las condiciones ana-

lizadas. La edad, sin embargo, estuvo altamente correlacionada con el Iip (Figura 2). El análisis muestra que las vacas con edades comprendidas entre tres y seis años tienen un Iip similar, que aumenta en vacas de siete y ocho años; el grupo de vacas de ocho y nueve años tuvo el Iip más alto.

El costo variable por concepto de alimentación del rebaño y el costo fijo correspondiente a la mano de obra fue la mayor proporción del costo total del Iip, en las vacas en etapa reproductiva con USD \$0.36 y USD \$0.22, respectivamente. De acuerdo con diversos autores, los costos que han tenido mayor impacto son: la alimentación (38%) y la mano de obra (26%) (Callejas *et al.*, 2015; Rouquette, 2017).

Desafortunadamente, en el caso de la alimentación, los productores no lo perciben como un costo, debido a que son dueños de la tierra donde pastorea el ganado y, por tanto, tienen una percepción incompleta de los costos de producción (Perego, 2019). En este estudio, el Iip promedio fue de 578 días, que difiere de lo reportado en algunos autores (Mee *et al.*, 2014; Bronner *et al.*, 2015; El-Tarabany, 2015), quienes han encontrado un intervalo de 691 días en vacas lecheras y 703 días en vacas de carne. Esta variación en el Iip es causada por una serie de factores como enfermedades que afectan la reproducción, por ejemplo, diarrea viral bovina, rinotraqueítis infecciosa bovina y neospora (Lassen *et al.*, 2012), la baja condición corporal (Fenlon *et al.*, 2017) y abortos (Keshavarzi *et al.*, 2017). Estas características están estrechamente relacionadas con un mayor número de días abiertos y afectan directamente la rentabilidad de la granja. El

Cuadro 1. Costos fijos acumulados, costos variables y costo de oportunidad de días abiertos en USD.											
Tipos de costos	Costos diarios	Edad de la vaca (en años)									
		3	4	5	6	7	8	9	10		
Costos fijos											
Labor	\$0.22	\$79.35	\$158.70	\$238.05	\$317.40	\$317.40	\$396.75	\$476.10	\$555.45		
Depreciación del ganado	\$0.05	\$19.49	\$38.98	\$58.48	\$77.97	\$77.97	\$97.46	\$116.95	\$136.45		
Depreciación del equipo motorizado	\$0.07	\$23.77	\$47.54	\$71.31	\$95.08	\$95.08	\$118.86	\$142.63	\$166.40		
Depreciación del equipo no motorizado	\$0.02	\$6.02	\$12.04	\$18.06	\$24.08	\$24.08	\$30.10	\$36.12	\$42.14		
Costo del agua	\$0.01	\$4.10	\$8.19	\$12.29	\$16.38	\$16.38	\$20.48	\$24.57	\$28.67		
Costo de la energía eléctrica	\$0.02	\$8.72	\$17.44	\$26.16	\$34.88	\$34.88	\$43.60	\$52.32	\$61.05		
Instalaciones	\$0.10	\$35.69	\$71.37	\$107.06	\$142.75	\$142.75	\$178.44	\$214.12	\$249.81		
Subtotal	\$0.49	\$177.14	\$354.28	\$531.41	\$708.55	\$708.55	\$885.69	\$1,062.83	\$1,239.97		
Costos variables											
Alimentación de vacas	\$0.36	\$130.77	\$261.54	\$392.30	\$523.07	\$523.07	\$653.84	\$784.61	\$915.38		
Alimentación de los toros	\$0.01	\$3.51	\$7.03	\$10.54	\$14.05	\$14.05	\$17.57	\$21.08	\$24.59		
Programas de sanidad	\$0.02	\$8.98	\$17.96	\$26.94	\$35.92	\$35.92	\$44.90	\$53.89	\$62.87		
Servicio médico veterinario	\$0.03	\$9.70	\$19.41	\$29.11	\$38.81	\$38.81	\$48.51	\$58.22	\$67.92		
Evaluación del toro	\$0.01	\$5.13	\$10.25	\$15.38	\$20.50	\$20.50	\$25.63	\$30.75	\$35.88		
Medicinas	\$0.07	\$23.86	\$47.71	\$71.57	\$95.42	\$95.42	\$119.28	\$143.13	\$166.99		
Subtotal	\$0.50	\$181.95	\$363.89	\$545.84	\$727.78	\$727.78	\$909.73	\$1,091.68	\$1,273.62		
Total	\$ 0.98	\$359.08	\$718.17	\$1,077.25	\$1,436.34	\$1,436.34	\$1,795.42	\$2,154.51	\$2,513.59		
Costos de oportunidad (leche y becerro)											
Ingresos por ternero	\$510.23	\$1,020.46	\$1,530.68	\$2,040.91	\$2,551.14	\$2,551.14	\$3,061.37	\$3,571.60	\$4,081.82		
Ingresos por producción de leche por ciclo	\$223.87	\$447.74	\$671.61	\$895.48	\$1,119.35	\$1,119.35	\$1,343.21	\$1,567.08	\$1,790.95		
Total Costos de oportunidad	\$734.10	\$1,468.19	\$2,202.29	\$2,936.39	\$3,670.49	\$3,670.49	\$4,404.58	\$5,138.68	\$5,872.78		
Total de costos		\$1,093.18	\$2,186.36	\$3,279.54	\$4,372.73	\$5,106.82	\$6,200.00	\$7,293.19	\$8,386.37		

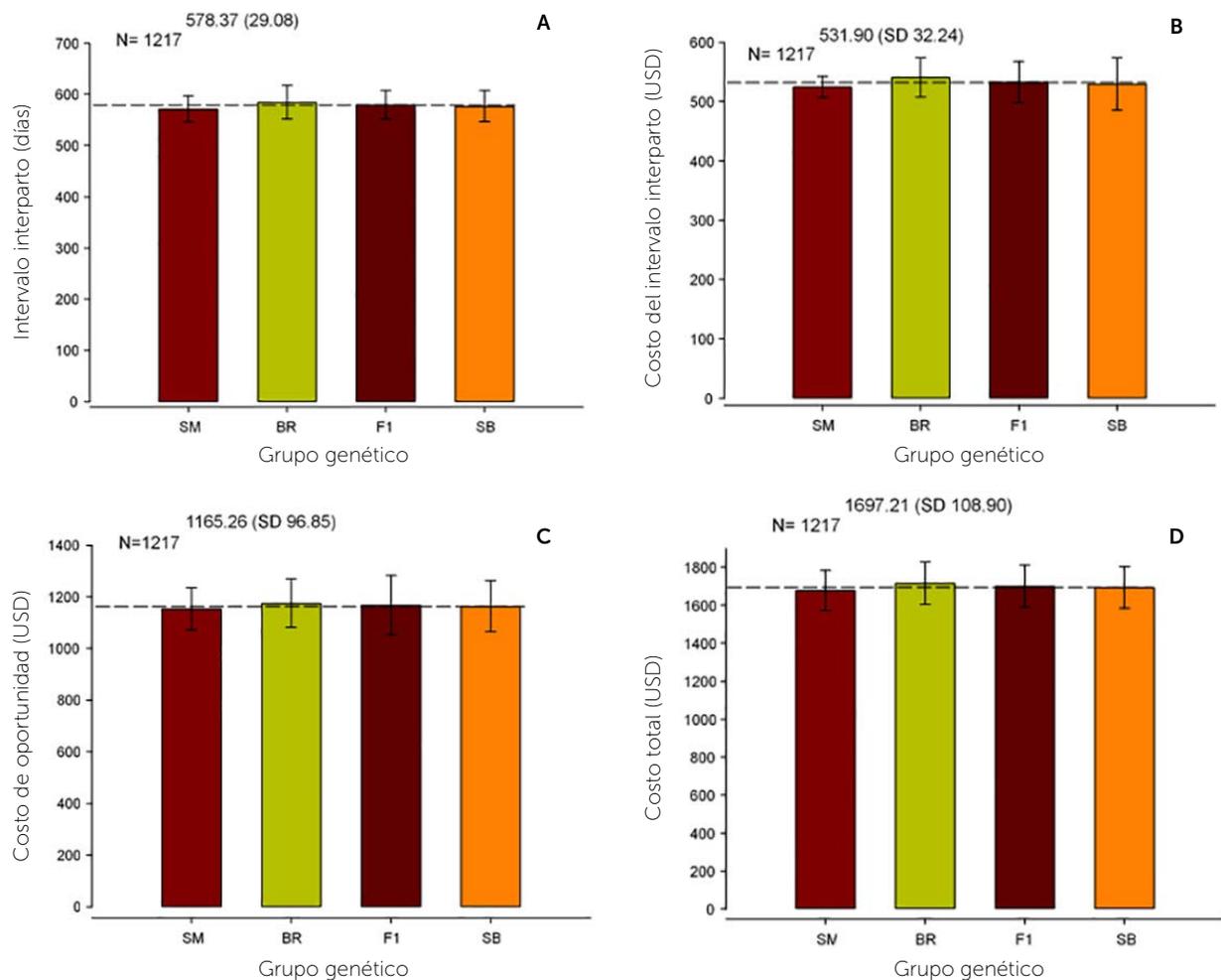


Figura 1. Análisis de costos del intervalo de parto (Iip). A. Intervalo interparto en cada raza analizada (sm=Simmental, BR=Brahman, F1=crucos y SB=Simbrha), en pastoreo; B. Costos del intervalo interparto; y C. Costo de oportunidad; D. Costo total.

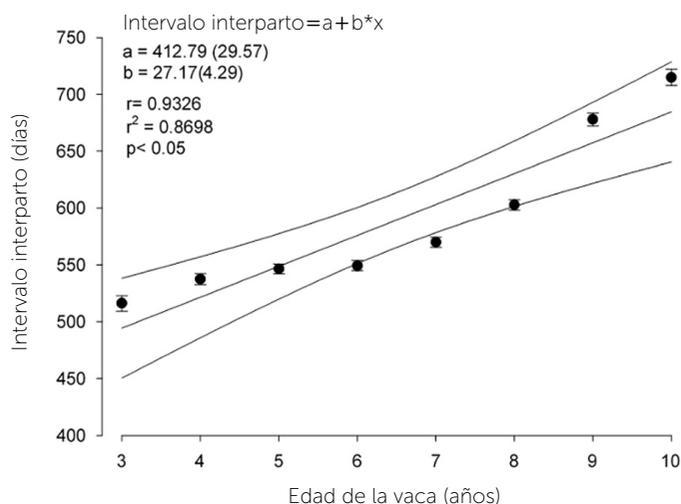


Figura 2. Relación entre la edad de la vaca y el intervalo de parto (Iip). Se muestran el ajuste lineal y los coeficientes de relación y determinación, y el intervalo de confianza al 95%.

costo del Iip fue de USD \$1,093.18 (± 1.90), mayor que el encontrado por Inchainri *et al.* (2010), es decir, el costo de mantener vacas en estado reproductivo alcanzó los

USD \$734.14, incluidos los ingresos no percibidos por los granjeros, por la venta de leche y por la venta del becerro al destete (Shonka-Martin *et al.*, 2019). En Eslovenia, los valores económicos absolutos para el Iip están tabulados en -1 € por día para todas las razas, y la ganancia diaria de carne ha sido estimada en 0.14 € por kg para Brown Swiss y 0.32 € por kg para Simmental (de Haas *et al.*, 2013). A diferencia de los trópicos, los costos de producción en clima frío varían entre USD \$1.78 y USD \$4.73, y los costos fijos son los que más afectan la rentabilidad, por ejemplo, se estima en Irlanda ascienden a USD \$897.00 por hectárea (Taylor *et al.*, 2018). Aunque, en el sureste de México, no hay sobrepeso por la calidad de la leche, por lo que el precio fue de $\$5.97 \text{ kg}^{-1}$ (Spaans *et al.*, 2019).

CONCLUSIONES

La eficiencia reproductiva y productiva de las granjas de ganado se vio directamente afectada por un

aumento en el llp, lo que significa una disminución en los nacimientos de terneros y productos lácteos por año, reduciendo la rentabilidad y la estabilidad de la unidad de producción.

LITERATURA CITADA

- Bronner, A., Morignat, E., Gay, E., & Calavas, D. (2015). An optimal cut-off point for the calving interval may be used as an indicator of bovine abortions. *Preventive Veterinary Medicine*, 121, 386-390.
- Callejas, J. N., Ortega, G. J. A., Domínguez, V. J., & Rebollar, R. S. (2015). La producción de becerros en Chihuahua: un análisis económico marginal. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 19(2), 51-65.
- de Haas, Y., Veerkamp, R. F., Shaloo, L., Dillon, P., Kuipers, A., & Klopčič, M. (2013). Economic values for yield, survival, calving interval and beef daily gain for three breeds in Slovenia. *Livestock Science*, 157, 397-407.
- El-Tarabany, M. S. (2015). Effects of calving difficulty on the subsequent reproductive performance and milk production of Holstein, Brown Swiss and their crosses. *Livestock Science*, 180, 263-267.
- Fenlon, C., O'Grady, L., Doherty, M. L., Dunnion, J., Shaloo, L., & Butler, S. T. (2017). The creation and evaluation of a model predicting the probability of conception in seasonal-calving, pasture-based dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100, 5550-5563.
- Galvão, K., Federico, P., De Vries, A., & Schuenemann, G. M. (2013). Economic comparison of reproductive programs for dairy herds using estrus detection, timed artificial insemination, or a combination. *Journal of Dairy Science*, 96, 2681-2693.
- Giordano, J., Kalantari, A., Fricke, P., Wiltbank, M., & Cabrera, V. (2012). A daily herd Markov-chain model to study the reproductive and economic impact of reproductive programs combining timed artificial insemination and estrus detection. *Journal of Dairy Science*, 95, 5442-5460.
- Hernández, B. M. A., Silveira, P. E. A., Contreras, N. Á., Pérez, V. Y., & Vallejo, G. J. (2011). Intervalos Interpartales, total de partos y duración de la vida reproductiva en vacas mestizas Siboney de Cuba en una empresa ganadera. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 12(11): 1-8.
- Inchaisri, C., Jorritsma, R., Vos, P., Van der Weijden, G., & Hogeveen, H. (2010). Economic consequences of reproductive performance in dairy cattle. *Theriogenology*, 74, 835-846.
- Keshavarzi, H., Sadeghi-Sefidmazgi, A., Kristensen, A. R., & Stygar, A. H. (2017). Abortion studies in Iranian dairy herds: I. Risk factors for abortion. *Livestock Science*, 195, 45-52.
- Lassen, B., Orro, T., Alekseev, A., Raaperi, K., Järvis, T., & Viltrop, A. (2012). *Neospora caninum* in Estonian dairy herds in relation to herd size, reproduction parameters, bovine virus diarrhoea virus, and bovine herpes virus. *Veterinary Parasitology*, 190, 43-50.
- Makkar, H. P. (2014). Sustainable increase in livestock productivity in developing countries through efficient utilisation of feed resources. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 48(1), 55-58.
- Mee, J. F., Sánchez-Miguel, C., & Doherty, M. (2014). Influence of modifiable risk factors on the incidence of stillbirth/perinatal mortality in dairy cattle. *The Veterinary Journal*, 199, 19-23.
- Perego, V. M. E. (2019). Crop prices and the demand for titled land: Evidence from Uganda. *Journal of Development Economics*, 137, 93-109.
- Pérez, H., Solaris, F., García, W., Osorio, A., & Gallegos, S. (2001). Comportamiento productivo y reproductivo de vacas de doble propósito en dos sistemas de amamantamiento en el trópico. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 9, 79-85.
- Piccardi, M., Capitaine Funes, A., Balzarini, M., & Bó, G. A. (2013). Some factors affecting the number of days open in Argentinean dairy herds. *Theriogenology*, 79, 760-765.
- Roth, J. A. (2011). Veterinary vaccines and their importance to animal health and public health. *Procedia in Vaccinology*, 5(2011), 127-136.
- Rouquette, F. (2017). Invited Review: Management Strategies for Intensive, Sustainable Cow-Calf Production Systems in the Southeastern United States: Bermudagrass pastures overseeded with cool-season annual grasses and legumes. *The Professional Animal Scientist*, 33, 297-309.
- Shonka-Martin, B. N., Heins, B. J., & Hansen, L. B. (2019). Three-breed rotational crossbreds of Montbéliarde, Viking Red, and Holstein compared with Holstein cows for feed efficiency, income over feed cost, and residual feed intake. *Journal of Dairy Science*, 102, 3661-3673.
- Spaans, O. K., Macdonald, K. A., Neal, M., Auldist, M. J., Lancaster, J. A. S., Bryant, A. M., Doole, G. J., & Roche, J. R. (2019). A quantitative case study assessment of biophysical and economic effects from altering season of calving in temperate pasture-based dairy systems. *Journal of Dairy Science*, 102(12), 11523-11535.
- Stroebel, A., Swanepoel, F., & Pell, A. (2011). Sustainable smallholder livestock systems: A case study of Limpopo Province, South Africa. *Livestock Science*, 139, 186-190.
- Taylor, R. F., Crosson, P., Kelly, A. K., & McGee, M. (2018). Benchmarking technical and economic performance of beef cow-calf to finishing production systems in Ireland. *The Professional Animal Scientist*, 34, 421-434.