

EVALUACIÓN PRODUCTIVA Y ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DEL ESQUEMA DE PRODUCCIÓN PORCINA: PRIMER PARTO-ELIMINACIÓN DE CERDAS

Productive Evaluation and Cost-benefit Analysis the Porcine Production Scheme: First Parity-Elimination of Sows

Gerardo Ordaz-Ochoa ^{1*}, Aureliano Juárez-Caratachea ¹, Antonio García-Valladares ²,
Rosa Elena Pérez-Sánchez ³ y Ruy Ortíz-Rodríguez ²

¹Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, km 9.5 carretera Morelia-Zinapécuaro, municipio de Tarimbaro, Michoacán. ³Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez"-UMSNH.
aurelianojuarez@hotmail.com

RESUMEN

Se determinó la productividad y el costo-beneficio del esquema de producción porcina: primer parto-eliminación (EPE) de cerdas (100% de desecho) vs eliminación convencional (EEC): 30% de desecho de cerdas. Para ello se utilizaron 80 cerdas mestizas (York x Landrace x Pietrain), divididas en dos grupos (G) o esquemas de eliminación (EEL): en G1 (n=17) se utilizó una eliminación del 100%, evaluándose 44 partos de 44 cerdas de 1^{er} parto. En el G2 (n=17) se utilizó una eliminación del 30%, evaluando 65 partos de cerdas de 1^{er} a 5^{to} parto; ambos grupos fueron sometidos a las mismas prácticas zootécnicas. Las variables reproductivas y productivas se analizaron mediante los Modelos Lineales Generalizados (SAS[®]). Se encontró que, el tamaño de camada (TC) promedio/cerda en EPE (9,8 lechones) y EEC (10,4 lechones) fue igual (P>0,05). Así como, los lechones destetados (LD) promedio/cerda fueron iguales (P>0,05) en ambos EEL. Los días no productivos (DNP) fueron diferentes (P<0,05) entre EPE y EEC: 9,9 y 39,0 DNP, respectivamente. El análisis económico determinó que, el costo de producción por LD en EPE fue de: \$33,11 dólares (USD) y de \$36,06 USD para el EEC. La ganancia por lechón vendido en EPE y EEC fue de \$8,24 y \$5,29 USD, respectivamente. La implementación del EPE es económicamente más rentable debido a un menor costo de producción por LD y mayor ganancia por lechón vendido.

Palabras clave: Productividad, reemplazo, lechones, costos.

ABSTRACT

It was determined the productivity and the cost-benefit of first parity-elimination scheme (EPE) of the sows (100% elimination) vs conventional elimination (EEC): 30% elimination of sows. For this, 80 hybrids sows (Yorkshire x Landrace x Pietrain) were used, divided into two groups (G) or elimination schemes (EEL): in G1 (n = 17) was used an elimination of 100%, evaluating 44 parity's of sows 1st parity. In G2 (n=17) was used an elimination of 30%, evaluate 65 parity's of sows 1st to 5th parity; both groups were subjected to the same husbandry practices. Reproductive and productive variables were analyzed using Generalized Linear Models (SAS[®]). It was found that litter size (TC) average/sow in EPE (9.8 piglets) and EEC (10.4 piglets) was equal (P>0.05). Weaned piglets (LD) average/sow was equal (P>0.05) in both EEL. Non-productive days (DNP) were different (P<0.05) between EPE and EEC: 9.9 and 39.0 DNP, respectively. The economic analysis determined that the cost of production by LD in EPE was \$ 33.11 dollars (USD) and \$ 36.06 USD for the EEC. Earnings per piglet sold in EPE and EEC was \$ 8.24 and \$ 5.29 USD, respectively. The implementation of EPE is economically more profitable due to lower production costs by LD and higher earnings per pig sold.

Key words: Productivity, replacement, piglets, costs.

INTRODUCCIÓN

La productividad armónica a lo largo del tiempo y del espacio de los sistemas de producción pecuaria está determi-

nada por indicadores reproductivos, económicos, sociales y ambientales [22] y, los sistemas de producción porcina (SPP) no son la excepción. Sin embargo, el sector porcícola de México (a pesar de contar con técnicas y tecnologías para manipular los eventos biológicos en cada etapa productiva) no logra las metas establecidas debido a efectos de personal o de la propia biología de la especie [28], efectos que generan ineficiencia productiva, pérdidas económicas [3] y aumento de la importación de carne de cerdo (*Sus scrofa domestica*) para satisfacer la demanda nacional [42]. Aunado a esto, la producción porcina del país se enfrenta con un mercado mundial, cuyas características principales son: a) productores altamente eficientes, que reducen sus costos de una forma dinámica; b) productores con altos niveles de apoyo y subsidio que saturan los mercados internacionales, trayendo consigo el desplome de los precios y, c) mercados con normas estrictamente establecidas para las importaciones [27].

Ante la problemática descrita en el párrafo anterior, el conocimiento y análisis de los indicadores reproductivos, económicos, sociales y ambientales que rigen a los SPP son herramienta clave en el entendimiento y mejoramiento de los mismos, para propiciar, no solo la eficiencia productiva, sino alcanzar la sustentabilidad y competir con las economías de escala [22, 28]. Para ello se debe establecer que, el factor que desencadena el desfase productivo de la piara es principalmente, el intervalo destete-estro (IDE) [1]: mismo que afecta el porcentaje de servicios repetidos (PSR), incrementándolo a más del 15% [10].

Tanto el incremento del IDE y PSR provocan aumento de días (d) no productivos (DNP), lo que genera disminución en el número de partos/cerda/año (PCA), así como: menor cantidad de lechones nacidos vivos (NV) por camada (< 12 lechones), y lechones destetados (LD) (< 10 lechones) por camada [1, 20]. Este fenómeno se presenta en mayor grado en cerdas de 1^{er} y 2^{do} parto (primíparas) que, contribuyen con el incremento de la eliminación forzada de las hembras por problemas reproductivos [19, 26]. Esta combinación entre fallas reproductivas (incremento del IDE, PSR y DNP) y la eliminación forzada de hembras jóvenes (primíparas) repercuten negativamente en los costos de producción de los SPP [1].

En la actualidad, la preocupación de los productores de cerdos se centra en la longevidad de las cerdas, pues este es un factor crítico para la productividad y la rentabilidad de los sistemas, debido al costo del reemplazo de las cerdas primíparas [10, 26]. No obstante, el incremento de la longevidad en los SPP resulta difícil, puesto que las fallas reproductivas en primíparas es característico en estos sistemas; debido a que, el incremento del IDE (>7 d) e incremento del PSR se asocia a la remoción de reservas energéticas y pérdida de condición corporal (CC) de las cerdas durante la fase de lactación; esto es más drástico en cerdas primíparas [18].

Así mismo, el control y manipulación de la CC en primíparas es complicado bajo condiciones de campo; aún y cuando,

se ha establecido que una estructura de piara en equilibrio (15% primíparas, 70% múltiparas y 15% cerdas viejas) permitirá mitigar la menor productividad de las cerdas primíparas y viejas [12, 25]. La dinámica de los SPP actuales (intensidad reproductiva, enfermedades y fallas reproductivas, principalmente) intensifica la eliminación forzada de cerdas por improductivas afectando con ello, el porcentaje de remplazo (>40%) y el equilibrio de la estructura de partos de la piara [34]; puesto que, al incrementarse el porcentaje de primíparas se pone en riesgo la eficiencia productiva y económica del propio sistema [4, 24, 35].

Lo anteriormente citado, se contrapone a los objetivos de longevidad de las cerdas en los SPP, puesto que el porcentaje de hembras de desecho no necesariamente responde a aspectos de longevidad (hembras viejas con más de seis partos). Por el contrario, el mayor porcentaje de desecho (>30%) pertenece a hembras jóvenes de 1^{er} a 3^{er} parto [39]. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue determinar la productividad y el costo-beneficio del esquema de producción primer parto-eliminación de cerdas (100% de desecho) vs eliminación convencional (30% de desecho de cerdas).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el sector porcino de "La Posta Zootécnica", perteneciente a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), ubicada en el municipio de Tarímbaro, Michoacán, a la altura del km. 9,5 de la carretera Morelia-Zinapécuaro [17]. Para el desarrollo de la investigación se utilizaron 80 cerdas mestizas (Yorkshire x Landrace x Pietrain), divididas aleatoriamente en dos grupos (G) o esquemas de eliminación (EEL): para el G1 (n=17) se utilizó una tasa de eliminación del 100% (esquema primer parto-eliminación o EPE), y se evaluó el comportamiento reproductivo, productivo y económico de 44 partos (cerdas de 1^{er} parto). En el G2 (n=17) se utilizó la tasa de eliminación del 30% (esquema de eliminación convencional o EEC), lo que determinó la evaluación de 65 partos (cerdas de 1^{er} a 5^{to} parto); ambos grupos se monitorearon durante un periodo de 24 meses y se sometieron a las mismas prácticas zootécnicas.

Tanto en G1 como en G2 se evaluó: tamaño de camada (TC), lechones nacidos vivos (NV), lechones destetados (LD), intervalo destete-estro (IDE), porcentaje de servicios repetidos (PSR) y días no productivo (DNP). Con la información recabada se elaboró una base de datos para su análisis estadístico mediante el método de los Modelos Lineales Generalizados (GLM, siglas en inglés) [41] y las diferencias entre EEL se obtuvieron bajo el método de medias de mínimos cuadrados (LsMeans, siglas en inglés) [41].

Para el análisis económico se utilizó la información contable de ambos EEL: EPE y EEC; mismo que se analizó mediante la metodología propuesta por Ruco y Muñoz [37], modi-

ficada por Bobadilla y col. [5]. Para determinar el tipo de cambio moneda nacional-dólar fue a partir del precio reportado por el Banco de México [2] en el periodo que se desarrolló la investigación.

La fórmula general para plantear los costos:

$$C = F + V$$

Donde:

C: costos totales; F: costos fijos o de estructura; V: costos variables o de ejercicio.

En base a la fórmula anterior, se determinaron para costos fijos en caso del lechón comercial:

$$F = L + S + Co + R + A + Fi + CO + Ot$$

Donde:

L: costos laborales; S: costos de suministros; Co: costos de combustible y energía; R: costos de reparación y mantenimiento; A: costos de amortización de activos fijos; Fi: costos financieros; CO: costos de oportunidad; Ot: otros costos de menor cuantía.

Costos variables: las partidas contables que dependen directamente del nivel de producción y para el lechón comercial, se desglosaron de la siguiente manera:

$$V = \left(\frac{AR + AM + M + AMV + AV + AL + T + CO}{TOTCER * W} \right) * z$$

Donde:

AR: costo de amortización de la reproductora; AM: costo de alimentación de las madres; M: costos de medicamentos; AMV: costo de alimentación del verraco; AV: costo de amortización del verraco; AL: costo de alimentación de lechones; T: transporte; CO: costo de oportunidad; TOTCER: número total de cerdas; W: factor de ponderación en virtud del cual se va a referir a todos los costos variables en esa fase a la unidad de producción del lechón comercial; z: cantidad de lechones destetados.

La amortización de reproductores se calculó de la siguiente forma:

$$AR = \frac{PH - (PD - (1 - MORR))}{\left(\frac{PARM}{PAR} \right) - REP}$$

Donde:

PH: precio de compra de la cerda; PD: precio de venta del desecho; MORR: mortalidad de las reproductoras expresado en porcentaje; PARM: número de partos medios de las cer-

das reproductoras; PAR: número de partos por cerda al año; REP: reposición.

El número de partos medios por reproductora se calcula en cualquier momento del ciclo reproductivo en base a:

$$PARM = \frac{(\Sigma CER)(n)}{TOTCER}$$

Donde:

CER: el número de cerdas dependiendo el número de partos; n: número de partos.

Así mismo se consideró la tasa de reposición como factor técnico determinante en el número de partos medios, la expresión matemática es la siguiente:

$$REP = \frac{PAR}{PARM}$$

El factor de ponderación será igual a:

$$w = PAR * VIV * (1 - MOR) * (1 - MORT)$$

PAR: número de partos cerda al año; VIV: lechones vivos por parto; MOR: mortalidad en lactancia expresada en porcentaje; MORT: mortalidad en transición destete a lechón comercial, expresado en porcentaje.

La amortización del verraco es algo que se debe imputar al sistema productivo ya que forma parte del mismo. Para este caso se utilizó una amortización lineal y se aplicó una amortización uniforme a lo largo de todos los años de la vida útil del verraco:

$$AV = \left(\frac{CIV - (PVD - (1 - MPRV))}{VU} \right) * NV$$

CIV: costo inicial del verraco; PVD: precio de venta del verraco de desecho; MORV: mortalidad de verracos expresado en porcentaje; VU: vida útil expresada en años productivos; NV: número de verracos.

Cálculo del punto muerto o umbral de rentabilidad en función al número de lechones

$$Iz = Cz$$

Iz= Ingreso por el precio del lechón

$$Cz = F + Vz$$

Ganancia neta:

$$\text{Ganancia neta} = \text{Ingresos} - \text{costo totales}$$

Relación Beneficio/Costo (B/C)

Para la relación beneficio costo, se determinó la relación entre los beneficios y costos totales, descontados a futuro. La expresión matemática es:

$$C / B = \frac{\frac{\sum B}{(1+r)^t}}{\frac{\sum C}{(1+r)^t}}$$

Donde:

Bt: Beneficios en cada periodo del proyecto; Ct: Costo en cada periodo del proyecto; r: Tasa de descuento; r: Tasa de actualización; t: Tiempo en años; (1+r)^{-t}: Factor de actualización.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observó que el EEL no afectó (P>0,05) los promedios generales de: TC, NV, LD, IDE y PSR. No obstante, si hubo efecto (P<0,001) de EEL sobre DNP (TABLA I) y de la anidación número de parto (EEL) sobre: TC, NV, LD y DNP. Resultados que concuerdan con otros investigadores [1], quienes establecieron que la productividad de un SPP está en función del porcentaje de desecho (eliminación de cerdas), ya que este determina directamente el porcentaje de reemplazo de las cerdas, y la eficiencia en reproducción y producción del conjunto de hembras propias del sistema.

**TABLA I
MEDIAS DE MÍNIMOS CUADRADOS PARA LOS INDICADORES REPRODUCTIVOS Y PRODUCTIVOS DE LA CERDA DE ACUERDO AL ESQUEMA DE ELIMINACIÓN**

Indicador	EPE		EEC	
	Promedio	E.E.	Promedio	E.E.
TC	9,8	1,39	10,4	0,42
NV	9,5	0,45	10,0	0,39
LD	8,6	0,44	9,1	0,38
IDE	—	—	7,1	0,57
PSR	—	—	13,8	0,04
DNP	9,9 ^a	2,76	39,0 ^b	2,40

EPE= esquema parto-eliminación, EEC= esquema eliminación convencional, TC= tamaño de camada, NV= lechones nacidos vivos, LD= lechones destetados, IDE= intervalo destete-estro, PSR= porcentaje de servicios repetidos post-parto y DNP= días no productivos. ^{a, b} Literales diferentes indican diferencias estadísticas (P<0,05) dentro de fila.

De acuerdo con los indicadores consignados en la TABLA I se puede observar que, la prolificidad en ambos EEL fue igual (P>0,05): TC de 9,8 y 10,4 lechones, para EPE y EEC, respectivamente. De igual manera, el número de LD fue igual (P>0,05) en ambos EEL: 8,6 y 9,1 LD, en su orden (TABLA I).

En lo referente a DNP, estos fueron diferentes (P<0,05) entre EEL: 9,9 d para EPE vs 39,0 d en EEC. Se ha establecido que, DNP se encuentra en función del ritmo reproductivo de cada SPP; no obstante, estos afectan el número de PCA y el inventario de cerdas en producción [16]. Así, por cada 10 d de incremento en DNP se incrementa de 2 a 2,5% el inventario de la piara reproductiva para mantener una producción constante y los costos de producción estables.

En relación al efecto (P<0,001) de la anidación número de parto (EEL) sobre: TC, NV, LD y DNP, es posible que este efecto se relacionó más con EEC, debido a que en este esquema se evaluaron a cerdas de 1^{er} al 5^o parto (TABLA II). Resultado que concuerda con otras investigaciones [12, 13, 40, 43], donde se establece que, la productividad de un SPP está en función del número de parto (NP) de las cerdas.

**TABLA II
MEDIAS DE MÍNIMOS CUADRADOS PARA LOS INDICADORES REPRODUCTIVOS Y PRODUCTIVOS DE LAS CERDAS DE ACUERDO A LA ANIDACIÓN NÚMERO DE PARTO (ESQUEMA DE ELIMINACIÓN)**

Indicador	EPE	EEC				
	Parto	Partos				
	1 ^{er}	1 ^{er}	2 ^{do}	3 ^{er}	4 ^{to}	5 ^{to}
TC	9,8 ^a	11,4 ^{ab}	9,0 ^c	11,1 ^{ab}	10,9 ^{ab}	9,3 ^{ab}
NV	9,5 ^a	9,5 ^{ab}	8,2 ^{ac}	10,4 ^b	10,0 ^{ab}	8,1 ^{ac}
LD	8,6 ^a	8,4 ^{ab}	7,4 ^{ac}	8,8 ^{ab}	9,5 ^b	6,8 ^{ac}
IDE	—	5,6 ^{ac}	9,0 ^b	7,9 ^{ab}	7,1 ^{ab}	3,2 ^{ac}
PSR*	—	14,3 ^a	13,4 ^a	16,7 ^a	9,1 ^a	14,3 ^a
DNP	9,9 ^a	9,2 ^{ac}	29,8 ^b	19,6 ^b	17,8 ^{bc}	32,8 ^b

EPE = Esquema primer parto-eliminación, EEC = Esquema de eliminación convencional, TC = tamaño de camada, NV = lechones nacidos vivos, LD = lechones destetados, IDE = intervalo destete-estro, PSR* = porcentaje de servicios repetidos post-parto, DNP = días no productivos. ^{a, b, c} Literales diferentes indican diferencias estadísticas (P<0,05) dentro de fila.

En la TABLA II se puede observar que las diferencias (P<0,05) entre EPE y EEC se debieron al NP. Así, por ejemplo, la diferencia entre EPE y EEC en TC fue en cerdas de 2^{do} parto: 9,0 lechones (EEC) vs 9,8 lechones en EPE; para NV: 9,5 lechones en EPE vs 10,4 lechones en EEC, en cerdas de 3^{er} parto y en LD: 8,6 lechones en EPE vs 9,5 lechones en EEC, en cerdas de 4^{to} parto. En relación al IDE y PSR post-parto, en EPE no contabilizan estas variables, puesto que las cerdas son eliminadas (vendidas) al poco tiempo de ser destetadas; por ello, los DNP fueron de 9,9 d en EPE. Mientras que en el EEC los DNP fueron de 29,8 a 32,8 d, del IDE y PSR de cerdas de diferentes partos (1^{er} a 5^o parto).

Se ha establecido que el NP tiene efecto sobre la productividad de la cerda, pero existen controversias al respecto: algunas investigaciones establecen que, las cerdas de 1^{er} parto son menos prolíficas [6], otras estiman que las de 1^{er} y 2^{do} parto son

menos prolíficas [12, 40, 43], en contraste otras investigaciones encuentran mayor prolificidad en cerdas de 1^{er} parto que en cerdas de 2^{do} y 3^{er} parto [13, 26, 39]. Esto último concuerda con los resultados de la presente investigación (TABLA II). Con respecto a la productividad del EEC, el descenso de la producción de las cerdas en el 2^{do} y 3^{er} parto es causado por la pérdida de CC durante la lactancia [26, 39]. Así mismo, la pérdida de CC es ocasionada por la hipofagia fisiológica lactacional, presente durante los primeros 5 d post-parto, misma que afecta en mayor grado a cerdas primíparas [31, 36].

La intensidad de amamantamiento, es otro factor que afecta la productividad de las cerdas en el parto subsiguiente: a mayor número de lechones lactantes, las cerdas requieren metabolizar mayor cantidad de prolactina (PRL), potencializando de esta manera la pérdida de CC, misma que afecta al IDE y DNP y al TC del siguiente parto [9]. Ello se debe a la remoción de grasa corporal provocada por PRL [33]. La PRL juega muchos papeles biológicos en el periodo posparto. Tiene un papel significativo en el establecimiento de sentido maternal e incremento de expresión de gen de aumento de proteínas de leche [9].

Se ha evidenciado [9] que la PRL incrementa el contenido de la grasa en leche de 47 a 127 g/kg⁻¹ y este incremento de grasa en la leche genera una mayor cantidad de la remoción de grasa corporal como parte del proceso catabólico, lo que determina una pérdida de peso durante el periodo de lactación. Por cada ng/mL de PRL (a nivel sanguíneo) el IDE se incrementa en 0,15 d; si una cerda sintetiza más de 24 ng/mL el retorno a estro post-destete (IDE) será mayor a 7 d, afectando fertilidad y prolificidad en el siguiente parto, además de elevar los costos de producción, por concepto de mayor cantidad de DNP y menor número de LD en el parto subsiguiente [32].

Con respecto a NV (TABLA II), las investigaciones previas señalan que la causa de la menor cantidad de NV en cerdas primíparas se debe a una deficiente atención de la cerda durante la gestación y el parto, por parte de los operarios del sistema [29]. Aunque si bien, el número de NV está estrechamente relacionada con la supervivencia embrionaria [18, 21]. No obstante, en cerdas de más de cinco partos, el menor número de NV es asociado con el proceso de parto (mayor en este tipo de cerdas), lo que genera incremento de lechones nacidos muertos por asfixia [6].

La estrecha relación entre NV y LD encontrada en esta investigación ($r = 0,74$; $P < 0,001$) es la causa que podría explicar por qué las cerdas de 2^{do} y 5^{to} parto del EEC destetaron menor cantidad de lechones (TABLA II). Resultado que concuerda con otras investigaciones [12], además se ha reportado que las cerdas de 4^{to} parto son las que destetan mayor cantidad de lechones (10,9 lechones) [6]. Aspecto que también se encontró en el EEC.

En relación al IDE (TABLA II) se observó que, en EEC las cerdas de 2^{do}, 3^{er} y 4^{to} parto presentaron mayor IDE ($P < 0,01$). Se ha establecido que el IDE debe encontrarse dentro del rango de 5,5 a 7,5 d [1]. Lo que concuerda con los resultados encon-

trados en cerdas de 1^{er} y 5^{to} parto del EEC. Sin embargo, el IDE no solo es afectados por el NP de la cerda, también lo afecta el consumo de alimento, intensidad de amamantamiento, grado de remoción de reservas corporales durante la lactancia, por mencionar algunos [26, 31]. La pérdida de peso de 12,5% (durante la lactancia) propicia que el IDE sea de hasta 14,7 d para hembras de 1^{er} parto; 8,5 d para cerdas de 2^{do} parto y 6,5 d para cerdas de 3^{er} a 5^{to} parto [30]. No obstante en el EEC no se observó pérdida de peso corporal, lo que pudiera explicar por que el IDE no superó los 9 d (TABLA II).

Es un hecho que, la detección oportuna del estro post-destete es la base para mantener un PSR post-parto menor a 15% [22]. Porcentaje similar se encontró en el EEC (TABLA II), aunque es necesario aclarar que en EPE, el PSR post-parto no se contabiliza por ser eliminadas las cerdas al poco tiempo de ser destetadas (≤ 5 d). No obstante, se encontró un PSR post-servicio en el EPE de 5,3%, estadísticamente igual ($P > 0,05$) al porcentaje (PSR post-parto) obtenidos en el EEC. El PSR es afectado por la pérdida de CC durante la lactancia, debido a un menor aporte energético para la síntesis y liberación de hormonas reproductivas [7], lo que pudiera generar: liberación de folículos de baja calidad, incremento en la mortalidad embrionaria y bajos niveles de progesterona, repercutiendo de esta manera en un incremento del PSR [14].

Con base en el análisis económico de los EEL analizados se encontró que, el EPE tuvo un comportamiento superior al EEC con respecto al número de partos/año (PA), lo que propició mayor número de LD/año (LDA) (TABLA III), aún y cuando el EPE propicia el incremento de cerdas de reemplazo para mantener funcionado al sistema. Sin embargo, este aumento en la tasa de reemplazo en EPE incrementó PA (44,2 partos) y LDA (380,1 lechones) vs 35,7 partos y 324,9 lechones destetados, en EEC (TABLA III); debido al decremento de fallas reproductivas asociadas al incremento de: IDE, PSR y DNP.

TABLA III
DATOS PRODUCTIVOS Y ESTRUCTURA
DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN USD

Concepto	EPE	EEC	Diferencia
Inventario	17	17	—
Cerdas de reemplazo anuales	44	5	-39
Costo de la reproductora*	157,9	157,9	—
Precio medio de venta a desecho*	146,6	157,9	-11,3
Coso de semental*	451,1	451,1	—
Precio del semental a desecho*	244,4	244,4	—
Número de partos totales/año	44,2	35,7	8,5
LD/esquema eliminación/año	380,1	324,9	55,2

EPE = Esquema primer parto-eliminación, EEC = Esquema de eliminación convencional. * USD, tipo de cambio en México 1 dólar=13,30 pesos mexicanos (Banco de México [2]).

Con respecto a los resultados condensados en la TABLA III se puede observar que, utilizar un EPE propicia un aumento en el número de cerdas de reemplazo para mantener funcionado al sistema, ello con respecto al número de cerdas de reemplazo en EEC. Sin embargo, al incrementar la tasa de reemplazo en EPE se favoreció el incremento de PA: 44,2 partos vs 35,7 partos en EEC; debido a que se eliminan las fallas reproductivas asociadas al incremento de: IDE, PSR y DNP.

El indicador PA está en función del ritmo reproductivo establecido en cada SPP (duración de la lactancia, IDE, PSR, tasa de reemplazo, entre otros), siendo la tasa de reemplazos quien condiciona no solo el porcentaje de cerdas primíparas y multíparas dentro del sistema [1], sino también, el equilibrio de los flujos de producción: a mayor número de cerdas primíparas mayor desfase productivo por efecto del aumento en el IDE y PSR, en los SPP convencionales [7, 43].

En lo referente a los costos de producción, y amortización analizados en cada EEL, se encontró que, la alimentación representa la inversión mayor de los costos de producción (TABLA IV). Resultado que concuerdan con Bobadilla [5] y Martínez y Fonseca [23]. Al respecto, el costo de oportunidad que se aplicó fue el que otorga el banco comercial (5.4% anual) y representó el 5,15% de los costos de producción para ambos esquemas analizados. El cálculo del costo de oportunidad se puede obtener con el tipo de interés medio de lo que paga una entidad crediticia [38] y la inflación correspondiente al año del ejercicio [11]. Para los aspectos de amortización, se pudo observar que, para el EPE fue de \$29,83 dólares (USD) vs \$0,93 USD para el EEC (TABLA IV); diferencia basada en el activo fijo tangible (cerda), el cual presentó variación en su vida útil dentro de cada EEL analizado, siendo menor en EPE.

TABLA IV
ESTRUCTURA DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN
USD Y PORCENTAJE

Concepto	EPE		EEC	
	USD*	%	USD*	%
Amortización/cerda	29,83	0,33	0,93	0,01
Amortización del semental	68,95	0,76	68,95	0,85
Alimentación de las cerdas	6898,04	76,32	6271,36	77,16
Alimentación del semental	245,89	2,72	245,89	3,03
Alimentación de los lechones	385,84	4,27	329,75	4,06
Medicamentos	943,82	10,44	791,84	9,74
Costo de oportunidad	465,48	5,15	418,59	5,15

EPE = Esquema primer parto-eliminación, EEC = Esquema de eliminación convencional. * USD, tipo de cambio en México 1 dólar=13,30 pesos mexicanos (Banco de México [2]).

Retomando el costo de alimentación/EEL, este fue de 83,3% (\$7.529,77 USD) para el EPE y de 84,25% (\$6.847,00 USD) para el EEC. Resultados que concuerdan con investiga-

ciones previas [5, 15, 23]: los costos de alimentación oscilan entre el 65 y 95%. El costo de producción por LD en EPE fue de: \$33,11 USD y de \$36,06 USD para el EEC, obteniendo una ganancia de \$8,24 y \$5,29 USD por lechón vendido en EPE y EEC, respectivamente. Así mismo, el costo marginal fue de \$17,44 y \$16,06 USD para EPE y EEC, respectivamente. El punto muerto o umbral de rentabilidad en base a número de LD fue de 200,52 y 217,75 lechones para EPE y EEC, respectivamente (TABLA V).

TABLA V
ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN, INGRESOS
Y GANANCIAS POR LECHÓN DESTETADO

Concepto	EPE*	EEC*	Diferencia*
Costos fijos	9,20	10,76	1,56
Costos variables	23,92	25,30	1,38
Costos totales	33,11	36,06	2,94
Ingresos totales	41,35	41,35	0,00
Ganancia neta	8,24	5,29	2,94
Costo marginal	17,44	16,06	-1,38
Punto muerto (N° LD)	200,52	217,75	17,23
Relación B/C	1,25	1,15	0,10

EPE = Esquema primer parto-eliminación, EEC = Esquema de eliminación convencional.

* USD, tipo de cambio en México 1 dólar=13,30 pesos mexicanos (Banco de México [2]).

El costo total (fijo y variable) fue menor en el EPE (TABLA V), debido a que está en función del inventario del sistema; aunque en ambos esquemas tienen el mismo inventario, el EEC cuenta con mayor cantidad de DNP lo que origina mayor consumo de alimento, debido a una menor intensidad de producción de los animales. El mejor criterio para asegurar el correcto cálculo del beneficio es considerar el costo total de la producción (la integración de gastos, depreciaciones y costo de oportunidad del capital), como gastos que están relacionados con la eficiencia productiva [5].

La mayor ganancia neta obtenida fue para el EPE, debido a sus costos fijos más bajos (TABLA V) y mayor número de LDA (380,1 lechones) con respecto al EEC (324,9 lechones), por efecto de la práctica zootécnica aplicada (parto-eliminación); la cual incrementó el número de PA: de 35,7 partos en EEC a 44,2 partos en EEC. Sin embargo, son diversas las variables que afectan los componentes del resultado económico, ingresos y costos, entre ellas, la eficiencia productiva, tamaño de la unidad y situación de los precios de venta [8].

El punto muerto o umbral de rentabilidad fue de 200,5 y 217,7 lechones, para EPE y EEC, respectivamente, siendo ambos esquemas rentables, debido a que su producción rebasó este indicador (TABLA III). Sin embargo, la rentabilidad de cualquier SPP pueden ser reformada de un año a otro, por varios factores, entre ellos la importación de carne de cerdo,

debido a la economía abierta que tiene México [42], a los escasos o nulos apoyos con los que cuenta el sector porcino en la actualidad [4], así como, al incremento en el costo de las materias primas necesarias para la producción [15].

La relación B/C es una relación entre los costos de producción y la ganancia y, para el caso de los EEL analizados; EPE logró una relación B/C superior (1,25%) a EEC (1,15%). Ello implicó que, por cada dólar invertido en cada EEL existió una ganancia de 25¢ y 15¢ USD para EPE y EEC, respectivamente. Las relaciones B/C reportadas se encuentran en un rango de 1,04 y 2,11% [5, 23]. Sin embargo, dicho rango, implicó que los SPP analizados por estos investigadores, tienen una gran variación estructural tanto técnica como económica. Por consiguiente, cualquier sistema de producción pecuaria se considera rentable cuando su relación B/C es $\geq 1,15\%$, característica que presentan ambos EEL analizados.

CONCLUSIONES

La eficiencia reproductiva y productiva de las cerdas es afectada por el esquema de eliminación o el porcentaje de reemplazo utilizado. El esquema de primer parto-eliminación (100% de reemplazo) mejora sustancialmente la eficiencia productiva del sistema. Mientras que en el sistema de eliminación convencional (30% de reemplazo anual), el efecto de la estructura de número de partos no logra compensar reproductiva, productiva y económicamente el decremento reproductivo y productivo de las cerdas de 2^{do} y 3^{er} parto. En este esquema, los días no productivos se incrementan en cerdas del 2^{do} al 4^{to} parto por efecto del aumento del intervalo destete-estro y el incremento del porcentaje de servicios repetidos. El EPE propicia un aumento en el número de cerdas de reemplazo para mantener funcionado al propio sistema. Sin embargo, este incremento favorece al número de partos/año, debido a que se eliminan las fallas reproductivas asociadas a cerdas con más de un parto. Por lo que, la implementación del esquema primer parto-eliminación es económicamente más redituable (con respecto a un esquema de eliminación convencional) debido a un menor costo de producción por LD, mayor ganancia por lechón vendido.

AGRADECIMIENTO

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, por haber facilitado su piara para el desarrollo del presente trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ANDRÉS, M.A.; APARICIO, A.M.; PIÑEIRO, A. Intervalo Destete-Cubrición: qué le influye y cómo podemos controlarlo. 2008. Animalesweb S.L. (3tres3). La página del cerdo. España. En línea: http://www.3tres3.com/datos_productivos/intervalo_destete-cubricion-que-le-influye-y-como-podemos-controlarlo_2174/. 11/12/2012.
- [2] BANCO DE MÉXICO (BM). Mercado cambiario o paridad del peso mexicano frente al dólar estadounidense. 2013. México. En Línea: <http://www.banxico.org.mx/portal-mercado-cambiario/> 21/10/2013.
- [3] BELLO, O.R. Propuesta metodológica para el análisis de sistemas porcícolos intensivos. MSNH-FMVZ. Morelia, Michoacán, México. Tesis de Grado. Pp 63-72. 2000.
- [4] BOBADILLA, S.E.E.; REBOLLAR, R.O.S.; ROUCO, Y.A.; MARTÍNEZ, C.F.E. Determinación de costos de producción en granjas productoras de lechón. **Rev. Méx. Agron.** XVII(32): 268-279. 2013.
- [5] BOBADILLA, S.E.E.; ROUCO, Y.A.; GARCÍA, G.J.; MARTÍNEZ, C.F.E. Rentabilidad y costos de producción en granjas porcinas productoras de lechón, en el centro del estado de México. **Cien. Agric.** 20(2): 87-95. 2011.
- [6] BOLADO, P.M.; PEREDA, M.J.; GONZALES, H.C.; IZQUIERDA, P.N.; PALACIO, C.D. Influencia de la paridad de la cerda sobre las características de sus crías en el período predestete. **Rev. Prod. Anim.** 23(1): 75-80. 2011.
- [7] CARRIOR, D.; MEDEL, P. Interacción nutrición reproducción en ganado porcino. **XVII Curso de Especialización FEDNA**. Madrid 04/1-11. España. Pp 27-70. 2002.
- [8] DE CARO, A. Efecto de los factores técnico económicos sobre el resultado de la empresa porcina. **Avanc. Tec. Porc.** 1: 53-60. 2004.
- [9] EISSEN, J.J.; APELDOORN, E.J.; KANIS, E.; VERSTEGEN, M.W.A.; GREEF, K.H. The Importance of a high feed intake during lactation of primiparous sows nursing large litters. **J. Anim. Sci.** 81: 594-603. 2003.
- [10] FUENTES, C.M.P.G. Características reproductivas de la cerda. Influencia de algunos factores ambientales y nutricionales. **REDVET** VII(1): 1-36. 2006.
- [11] GARCÍA, G.J.; GARCÍA, B. Econometric model of viability/profitability of ongrowing octopus (*Octopus vulgaris*). **Aquacult. Int.** 18:165-174. 2010.
- [12] GARCÍA, G.S.J.G.; HERRADORA, L.M.A.; MARTÍNEZ, G.R.G. Efecto del número de parto de la cerda, la cassetta de parición, el tamaño de la camada y el peso al nacer en las principales causas de mortalidad en lechone. **Rev. Mex. Cien. Pec.** 2(4): 403-404. 2011.
- [13] GÓMEZ, B.; ORTEGA, R.; BECERRIL J. Factores que contribuyen en la variación del tamaño de la camada de lechones de líneas y cruces maternos porcinos. **Rev. Com. de Prod. Porc.** 16(4): 239-245. 2009.
- [14] HAFEZ E, S.E.; HAFEZ, B. Hormonas, Factores de crecimiento y Reproducción en: **Reproducción e inseminación artificial en animales** 7° Ed. Mc Graw-Hill Interamericana. Pp 33-47. 2002.

- [15] HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, J.; REBOLLAR, R.S.; ROJO, R.R.; GARCÍA, S.J.; GUZMÁN, S.E.; MARTÍNEZ, T.J.; DÍAZ, C.M. Rentabilidad privada de las granjas porcinas en el sur del Estado de México. **Univ. Cien.** 24: 117-124. 2008.
- [16] HERVÍAS, L.M; AYLLÓN, A. Análisis y control de los días no productivos. Animalesweb S.L. (3tres3). La página del cerdo. 2004. España. En línea: http://www.3tres3.com/datos_productivos/analisis-y-control-de-los-dias-no-productivos_1045/. 05/06/13.
- [17] INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA GEOGRÁFICA E INFORMÁTICA (INEGI). Anuario Estadístico del Estado de Michoacán. Pp 127-142. 2010.
- [18] JIMENEZ, L.E.M.; MATEUS, V.R.H.; ALFARO, Z.C.E.; PASSOS, P.A. Relación del estado fisiológico de ovarios de cerdas con la causa del descarte en dos granjas de Costa Rica. **Rev. Cientif. FCV-LUZ.** XXII(4): 341-447. 2012.
- [19] LLANES, CH.J.E.; ALZINA, L.A.; SEGURA, C.J.C.; ÁLVAREZ, F.M.J.; GÓNGORA, C.G. Porcentaje de gestación y prolificidad de cerdas en el trópico utilizando las técnicas de inseminación artificial convencional e intrauterina. **Liv. Res. Rur. Dev.** 19(10): 108-117. 2007.
- [20] MALAVÉ, T.; ALFARO, M.; HURTADO, E. Efecto del número de partos, tamaño y peso de la camada al destete sobre el intervalo destete-estro en cerdas. **Rev. Unell. Cien. Tec.** 25: 10-15. 2007.
- [21] MARTIN, R.S.; SÁNCHEZ, S.R.; GARCIA, C.P.; SAIZ, C.F.; PÉREZ, M.C. Mortalidad embrionaria en la cerda: estudio de factores fisiológicos y control. **Los Porcicultores y su Entorno.** VI(34): 146-149. 2003.
- [22] MARTINEZ, C.F.E; HERRERA, H.J.G; GARCÍA, A.A.D; PÉREZ, P.J. Indicadores productivos y de sustentabilidad económica de granjas porcinas urbanas en el norte de México D.F. (resultados preliminares). **Arch. Zoot.** 52(197): 101-104. 2003.
- [23] MARTÍNEZ, C.F.; FONSECA, M. Características productivas e indicadores de sustentabilidad de granjas porcinas campesinas en Texcoco. **3er Congreso Internacional y 12º Congreso Nacional de Investigación Socioeconómica y Ambiental de la Producción Pecuaria.** Morelia 05/18-20, Michoacán, México. Pp 79-83. 2011.
- [24] MARTÍNEZ, G. Algunas alternativas para la evaluación genética de la longevidad de vacas en sistemas de producción de carne. **XX Cursillo sobre bovinos de carne.** Maracay 08/23-26. Venezuela. Pp 219-244. 2005.
- [25] MORENO, O.R. Análisis Histórico del Intervalo Destete-Servicio en un Sistema Intensivo de Producción Porcina en la Región de La Piedad, Michoacán, México. UMSNH-FMVZ. Morelia, Michoacán, México. Tesis de Grado. Pp 29-41. 2009.
- [26] MOTA, D.; ALONSO, S.M.L.; RAMÍREZ, N.R.; CISNEROS, P.M.A.; TORRES, A.V.; TRUJILLO, O.M.E. Efecto de la pérdida de grasa dorsal y peso corporal sobre el rendimiento reproductivo de cerdas primíparas lactantes alimentadas con tres diferentes tipos de dietas. **Rev. Cientif. FCV-LUZ.** XIV(1): 13-19. 2007.
- [27] NAVA, N.J; TRUETA, R; FINCK, B; BARRANCO, B; OSORIO, E; LECUMBERRI, J. Impactos del nivel tecnológico en la eficiencia productiva y variables económicas, en granjas porcinas de Guanajuato, Sonora y Yucatán. **Téc. Pec. Méx.** 47: 157-172. 2009.
- [28] ORTIZ, R.R.; ORTEGA, R.; BECERRIL, J. Efectos ambientales en cerdas sometidas a lactancias de 12 y 21 días en México. Características de la productividad. **Rev. Comp. Prod. Porc.** 15(3): 342-344. 2008.
- [29] ORTIZ, R.R.; SANCHEZ, V.M.; GÓMEZ, B.; PÉREZ, R.E. Factores del personal que contribuyen a la variabilidad productiva en los sistemas intensivos de producción porcina. **Rev. Comp. Prod. Porc.** 11(3): 342-344. 2004.
- [30] PATULLO, H. Influencia de la alimentación en la productividad de la cerda. **Agroindustria** 29(120): 40-44. 2011.
- [31] PÉRE, M.C.; ETIENNE, M. Insulin sensitivity during pregnancy, lactation, and postweaning in primiparous gilts. **J. Anim. Sci.** 85(1):101-10. 2007.
- [32] PÉREZ, S.E.R.; HERRERA, C.J.; GÓMEZ, R.B.; JUÁREZ, C.A.; ORTIZ, R.R.; GUTIÉRREZ, V.E. Efecto del genotipo, peso de la cerda al destete y la concentración sanguínea de prolactina, sobre el intervalo destete-estro en cerdas sometidas a lactaciones de 15 días. **Rev. Comp. Prod. Porc.** 15(3): 227-231. 2008.
- [33] PÉREZ, S.R.E. Evaluación de algunos factores ambientales y genéticos que determinan los intervalos destete-estro y destete-servicio en cerdas con lactaciones cortas. UMSNH-FMVZ. Morelia, Michoacán, México. Tesis de Grado. Pp 15-23. 2007.
- [34] PINILLA, C.J. Manejo de la estructura de partos y prosedimientos de eliminación selectiva. **InfoPIC.** 10: 1-8. 2013.
- [35] PIÑEIRO, C.; APARICIO, A.M. En enemigo en casa: el control de las cerdas hipoproductivas. 2007. Animalesweb S.L. (3tres3). La página del cerdo. España. En línea: http://www.3tres3.com/datos_productivos/el-enemigo-en-casa-el-control-de-las-cerdas-hipoproductivas_1917/. 10/06/13.
- [36] RIGON, R.C.A.; LOVATTO, P.A.; WESCHENFELDER, V.A.; LEHNEN, CH.R.; BRUNO, N.F.; ANDRETTA, I.; SPERONI, C.M. Metanálise da relação entre espessura de tocinho e variáveis nutricionais de porcas gestantes e lactantes. **Cien. Rur.** 38(4): 1085-1091. 2008.

- [37] ROUCO, Y.A.; MUÑOZ, A. Análisis de costes. En: **Producir carne de cerdo en el siglo XXI, generando un nuevo orden zootécnico**. Ed. Muñoz, L.A. Acalanthis. Madrid, España. 525 pp. 2006.
- [38] ROUCO, Y.A.; MUÑOZ, A. Base teórica de los análisis económicos-financieros y de los costes. **Anaporc**. 13: 22-33. 2005.
- [39] SEBALLO, J.A.; LÓPEZ, O.A.; MÁRQUEZ, A.A. Causas de descarte de cerdas en granjas de la región centro occidental de Venezuela durante el período 1996-2002. **Zoot. Trop**. 25(3): 179-187. 2007.
- [40] SEGURA, C.J.C.; ALZINA, L.A.; SOLORIO, R.J.L. Evaluación de tres modelos y factores de riesgo asociados a la mortalidad de lechones al nacimiento en el trópico de México. **Téc. Pec. Méx**. 45(2): 227-236. 2007.
- [41] STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE (SAS) Guide for personal computers. Version 8. 2002.
- [42] STEPHANO, A. Situación de la porcicultura mexicana. 2012. Laboratorios NOVARTIS México. En línea: http://www.ganaderia.com.mx/porcicultura/home/articulos.asp?cve_autor=1068#. 15/12/2013.
- [43] TROLLIET, J.C. "Productividad numérica de la cerda: factores y componentes que la afectan". 2005. Sitio Argentino de Producción Animal. En Línea: <http://www.produccion-animal.com.ar>. 26/07/2013.