



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN
NICOLAS DE HIDALGO**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGROPECUARIAS Y FORESTALES**

**EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD E IMPACTO
ECONÓMICO AL UTILIZAR UNA TASA DE REPLAZO
DEL 100% EN CERDAS DE PRIMER PARTO EN
UN SISTEMA DE PRODUCCION PORCINA**

MVZ. GERARDO ORDAZ OCHOA

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE**

MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

MORELIA, MICHOACÁN, MÉXCO. MAZO DE 2014



**INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES
AGROPECUARIAS
Y FORESTALES**



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN
NICOLAS DE HIDALGO**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGROPECUARIAS Y FORESTALES**

**EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD E IMPACTO
ECONÓMICO AL UTILIZAR UNA TASA DE REMPLAZO
DEL 100% EN CERDAS DE PRIMER PARTO EN
UN SISTEMA DE PRODUCCION PORCINA**

T E S I S

QUE PRESENT:

MVZ. GERARDO ORDAZ OCHOA

DIRECTOR DE TESIS

**DR. EN BIOTECNOLOGÍA MICROBIANA. AURELIANO JUÁREZ
CARATACHEA**

CO-DIRECTOR DE TESIS

MC. BIOLÓGICAS. RUY ORTIZ RODRÍGUEZ

ASESORES

**DRA. ROSA ELENA PÉREZ SÁNCHEZ
MC. ANTONIO GARCÍA VALLADARES
DR. ENCARNACIÓN ERNESTO BOBADILLA SOTO**

MORELIA, MICHOACÁN, MÉXCO. MARZO DE 2014



**INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES
AGROPECUARIAS
Y FORESTALES**



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas

DR. HÉCTOR GUILLÉN ANDRADE
COORDINADOR GENERAL DEL PROGRAMA INSTITUCIONAL DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
P R E S E N T E

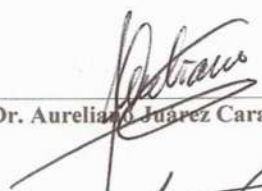
Por este conducto nos permitimos comunicarle que después de haber revisado el manuscrito final de la Tesis Titulada: "Evaluación de la productividad e impacto económico al utilizar una tasa de remplazo del 100% en cerdas de primer parto en un sistema de producción porcina" presentado por el MVZ. Gerardo Ordaz Ochoa, consideramos que reúne los requisitos suficientes para ser publicado y defendido en Examen de Grado de Maestro en Ciencias.

Sin otro particular por el momento, reiteramos a usted un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E

Morelia, Michoacán, a 30 de enero de 2014


MIEMBROS DE LA COMISIÓN REVISORA




Dr. Aureliano Juárez Caratachea



MC. Ruy Ortiz Rodríguez



M.C. Antonio García Valladares



Dra. Rosa Elena Pérez Sánchez



Dr. Ernesto Encarnación Bobadilla Soto

*Un hijo y su padre estaban caminando en las montañas. De repente,
el hijo se cayó, lastimándose grita: AAhhhh!
Para su sorpresa, oyó una voz repitiendo, en algún lugar
de la montaña: AAhhhh!
Con curiosidad, él niño grito: ¿Quién eres tú...?
Recibió de respuesta: ¿Quién eres tú...?
Enojado con la respuesta, grito: "Cobarde."
Recibió de respuesta: "Cobarde."
Mira a su padre y le preguntó: ¿Que sucede?
El padre sonrió y dijo: "Hijo mío, presta atención."
el padre grito a la montaña: "Te admiro."
La voz respondió: "Te admiro."
De nuevo el hombre gritó: "Eres un campeón."
La voz respondió: "Eres un campeón."
El niño estaba asombrado, pero no entendía.
El padre explicó:*

*"La gente lo llama ECO, pero en realidad es la VIDA
te devuelve lo que dices o haces
nuestra vida es reflejo de nuestras acciones
la vida te regresará exactamente lo que tú le has dado."*

Tu vida no es una coincidencia... Es un reflejo de ti...

Alguien dijo:

"Si no te gusta lo que recibes, revisa lo que emites"...

Esto es lo que me han enseñado mis padres

A ellos les dedico esta tesis.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que invirtieron su tiempo, directa e indirectamente en la realización de esta tesis.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico para la realización de mis estudios de posgrado.

A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por el apoyo brindado al facilitar sus instalaciones para el desarrollo experimental de la investigación.

Al Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF) por brindarme la oportunidad de seguirme preparando profesionalmente.

AL Dr. Aureliano Juárez Caratachea por su confianza al verme aceptado como su alumno de maestría.

AL MC. Ruy Ortiz Rodríguez por su paciencia, enseñanzas, dedicación y por verme compartido su conocimiento en el desarrollo de esta tesis.

A la Dra. Rosa Elena Pérez Sánchez por sus comentarios y aportaciones para enriquecer este trabajo.

Al MC. Antonio García Balladares por su orientación e incondicional apoyo brindado como asesor de esta tesis.

Al Dr. Encarnación Ernesto Bobadilla Soto por sus aportaciones en el análisis económico de esta tesis.

CON TODOS ME ENCUENTRO EN DEUDA

ÍNDICE

	Pág.
Resumen general	i
General abstract	iii
Introducción general	1
Objetivo general	9
Objetivos específicos	9
Hipótesis	9
Estrategia metodológica general	10
Bibliografía	11
Resultados:	
Artículo I. Efecto del número de parto sobre los principales indicadores reproductivos de las cerdas	16
Resumen	17
Introducción	18
Materiales y método	20
Resultados y discusión	21
Conclusiones	28
Bibliografía	28
Artículo II. Efectos ambientales sobre el consumo de alimento de la cerda durante la fase de lactancia y su repercusión en el intervalo destete-estro	38
Resumen	39
Introducción	40

Materiales y método	42
Resultados y discusión	43
Conclusiones	48
Bibliografía	49
Artículo III. Evaluación productiva y análisis económico del esquema de producción porcina: 1^{er} parto-eliminación de cerdas	59
Resumen	60
Introducción	61
Materiales y método	63
Resultados y discusión	66
Conclusiones	72
Bibliografía	73
Artículo IV. Análisis y simulación económica de un sistema de producción porcina con esquema de 1^{er} parto-eliminación	80
Resumen	81
Introducción	82
Materiales y método	83
Resultados y discusión	85
Conclusiones	87
Bibliografía	87
Discusión general	92
Bibliografía	97

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Pág.

ARTÍCULO I

Tabla 1. Análisis de efectos fijos para los indicadores reproductivos de las cerdas	33
Tabla 2. Desempeño reproductivo de las cerdas de acuerdo al número de parto	33
Figura 1. El efecto de la época con respecto a lechones destetados e intervalo destete-estro	33
Figura 2. El efecto del año con respecto a tamaño de camada, lechones nacidos vivos y lechones destetados	34
Figura 3. El efecto de la interacción NP*EP con respecto al tamaño de camada y lechones destetados	34
Figura 4. El efecto de la interacción NP*EP con respecto al intervalo destete-estro	35
Figura 5. El efecto de la interacción NP*A con respecto al tamaño de camada, nacidos vivos, lechones destetados e intervalo destete-estro	35
Figura 6. El efecto de la interacción NP*G con respecto al tamaño de camada	36
Figura 7. El efecto de la interacción NP*G con respecto a los lechones nacidos vivos	36
Figura 8. El efecto de la interacción NP*G con respecto a los lechones destetados	37
Figura 9. El efecto de la interacción NP*G con respecto al intervalo destete-estro	37

ARTÍCULO II

Tabla 1. Análisis bromatológico del alimento suministrado a las cerdas durante la fase de lactancia	52
Tabla 2. Coeficientes de correlación de Pearson entre variables de consumo de alimento y variables reproductivas y productivas	52
Figura 1. Medias de mínimos cuadrados para el consumo total de alimento de las cerdas en la fase de lactación de acuerdo a su edad	53
Figura 2. Consumo de alimento promedio d^{-1} cerda $^{-1}$ de acuerdo al número de lechones amamantados	53
Figura 3. Consumo de alimento promedio d^{-1} cerda $^{-1}$ de acuerdo al día de lactación	54
Figura 4. Consumo de alimento promedio d^{-1} cerda $^{-1}$ de acuerdo al peso de lechón y día de lactancia	54
Figura 5. Medias de mínimos cuadrados para el consumo de alimento de las cerdas de acuerdo a la interacción TC*etapa de lactancia	55
Figura 6. Medias de mínimos cuadrados para el consumo de alimento de las cerdas de acuerdo a la interacción TC*semana de lactancia	55
Figura 7. Predicción de la pérdida de peso corporal de las cerdas de acuerdo al consumo de alimento y día de lactancia	56
Figura 8. Predicción de la pérdida de peso corporal de las cerdas de acuerdo al consumo total de alimento en la fase de lactancia	56
Tabla 3. Media de mínimos cuadrados para la pérdida de peso corporal de las cerdas de acuerdo a su edad	57
Figura 9. Medias de mínimos cuadrados para el intervalo destete-estro de acuerdo a la clasificación del consumo total de alimento en la fase de lactancia y al tipo de cerda	57

Figura 10. Medias de mínimos cuadrados para el intervalo destete-estro de acuerdo a la pérdida de peso corporal y tipo de cerdas	58
---	----

ARTÍCULO III

Tabla 1. Medias de mínimos cuadrados para los indicadores reproductivos y productivos de la cerda de acuerdo al esquema de eliminación	77
Tabla 2. Medias de mínimos cuadrados para los indicadores reproductivos y productivos de las cerdas de acuerdo a la interacción esquema de eliminación*número de parto	77
Tabla 3. Datos productivos y estructura de los costos de producción USD	78
Tabla 4. Estructura de los costos de producción USD y porcentaje	78
Tabla 5. Análisis de costos de producción, ingresos y ganancias por lechón destetado	79

ARTÍCULO IV

Tabla 1. Medias de mínimos cuadrados para los indicadores reproductivos y productivos de la cerda de acuerdo al esquema de eliminación	90
Tabla 2. Comparación y diferencia entre los esquemas: 1 ^{er} parto-eliminación y eliminación convencional	90
Tabla 3. Simulación económica de los ingresos obtenidos mediante la implementación de dos esquemas de eliminación de cerdas en un SPP con capacidad de 20 partos/mes	91

RESUMEN GENERAL

El objetivo de la investigación fue determinar la viabilidad económica de un sistema de producción porcina con una tasa de remplazo del 100% en cerdas de 1^{er} parto. Para tal caso el documento fue estructurado como antología de artículos de investigación en secuencia seriada. En el **artículo I**, se evaluó el desempeño reproductivo de cerdas con distinto genotipo, a través del número de parto (NP). Se utilizó información correspondiente a los años 2011-2012 (n= 11,639 partos). Se encontró mayor tamaño de camada ($P < 0.05$) en el 3^{er}, 4^{to} y 5^{to} parto: 9.7; 9.8 y 9.6 lechones, respectivamente. En el 3^{er} y 4^{to} parto se encontró la mayor cantidad de lechones nacidos vivos ($P < 0.05$). La menor cantidad de lechones destetados (LD) se encontró en el 1^{er} parto ($P < 0.05$): 7.3 LD. El intervalo destete-estro (IDE) en el 1^{er} parto (11.5 d) fue mayor ($P < 0.05$) al resto de los partos evaluados. La interacción NP*Genotipo (G) reveló mayor eficiencia productiva de la cerda (EPC) en el 3^{er} y 4^{to} parto en los tres genotipos evaluados. La interacción NP*época mostró que, en primavera y verano el 1^{er} y 2^{do} parto presentaron una menor EPC ($P < 0.05$). Se concluye que la EPC es afectada por NP y NP*G principalmente. El IDE, de acuerdo con los genotipos analizados, está afectado en mayor grado por factores ambientales que por el NP. En el **artículo II**, el objetivo fue determinar los efectos ambientales sobre el consumo de alimento (CA) de las cerdas durante la fase de lactancia (FL) y su repercusión en el IDE. Se utilizaron 18 cerdas híbridas (York x Landrace x Pietrain), divididas por tipo de cerda (TC) -primíparas y multíparas-. Se encontró que, el CA d⁻¹ durante la 1^a semana post-parto (PSPP) fue menor en ambos TC, pero diferentes entre sí ($P < 0.05$): 2.6 y 3.8 kg en primíparas y multíparas, respectivamente. El mayor CA d⁻¹ fue al 15^{vo} d de lactación (3.6 kg para primíparas y 4.0 kg para multíparas). Las multíparas presentaron mayor CA total durante la FL ($P < 0.05$): 103.4 vs 82.4 kg en primíparas. La pérdida de peso corporal (PPC) fue mayor ($P < 0.05$) en primíparas (12.9%) que en multíparas. La PPC mayor a 20 kg incrementó el IDE: primíparas, 7.0 d; multíparas, 6.6 d. En síntesis, el CA d⁻¹ durante la PSPP impacta negativamente al CA d⁻¹ en la 2^a y 3^{er} semana de lactancia, ocasionando mayor PPC e incremento del IDE en cerdas primíparas. Para el **artículo III**, el objetivo fue determinar la productividad, costos de producción y rentabilidad del esquema de producción porcina: 1^{er} parto-eliminación (EPE) vs eliminación convencional (EEC). Se

utilizaron 80 cerdas híbridas (York x Landrace x Pietrain), divididas en dos grupos según el esquemas de eliminación -EEL- (EPE o EEC). Se encontró que, el tamaño de camada promedio/cerda en EPE fue de 9.8 lechones y EEC fue de 10.4 lechones, ambos promedios estadísticamente iguales ($P > 0.05$). El promedio de LD/cerda en ambos EEL fue igual ($P > 0.05$). 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 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 redituable que el EEC debido a menores costos de producción por LD y mayor ganancia por lechón vendido. En el **artículo IV**, se desarrolló una simulación económica basada en dos políticas de remplazo: parto-eliminación -100% de remplazo- (EPE) y convencional -30% de remplazo- (EEC). Para el desarrollo de la simulación económica, se utilizó la información de las variables productivas y reproductivas de un sistema de producción porcina (SPP), utilizando estos valores en el desarrollo de la simulación de dos SPP con inventario de 200 hembras en la piara reproductiva/sistema y con políticas de remplazo de 100% (EPE) y 30% (EEC). La simulación económica determinó que, el costo de remplazo/anual fue de 43,312.50 y 10,467.19 USD/año, para EPE y EEC, respectivamente. Los ingresos/LD fueron de 177,300.50 y 125,130.00 USD/año, para EPE y EEC, respectivamente. El ingreso bruto anual fue de 23,895.00 USD en EPE y 9,971.00 USD en EEC, con diferencia de 13,923.23 USD/año a favor del EPE. Por lo tanto, la simulación permitió establecer que, el EPE mejora la eficiencia productiva del sistema e incrementa la eficiencia económica. Aunque si bien, en este esquema se pierde el concepto de longevidad y el potencial biológico de cerda desechada, se gana en producción constante y sustentabilidad del sistema.

Palabras clave: Cerda, longevidad, rentabilidad, costos de producción.

GENERAL ABSTRACT

The objective of the research was to determine the economic viability of a swine production system with a replacement rate of 100% in sows of 1st parity. For such a case the document was structured as an anthology of research articles in serial sequence. In **Article I**, the reproductive performance of sows with different genotype was evaluated, through of number of parity (NP). Corresponding information for the years 2011-2012 (n = 11,639 parity's) was used. It was found an increased litter size (P < 0.05) on the 3rd, 4th and 5th parity: 9.7, 9.8 and 9.6 piglets, respectively. In the 3rd and 4th parity it was found the largest number of piglets born alive (P < 0.05). The least amount of weaned piglets (LD) was found in the 1st parity (P < 0.05): 7.3 LD. The interval weaning-estrus (IDE) in 1st parity (11.5 d) was greater (P < 0.05) than the rest of parity's evaluated. The interaction NP*Genotype (G) showed greater productive efficiency of the sow (EPC) in the 3rd and 4th parity in the three evaluated genotypes. The NP*season interaction showed that in spring and summer the 1st and 2nd parity had lower EPC (P < 0.05). We conclude that the EPC is affected by NP and NP*G mainly. The IDE, according to the genotypes analyzed, is affected to a greater extent by environmental factors not by the NP. In **Article II**, the objective was to determine the environmental effects on food intake (CA) of the sows during the lactation stage (FL) and its impact on the IDE. 18 hybrid sows (Landrace x York x Pietrain) were used, divided by type of sow (TC) - primiparous and multiparous-. It was found that the CA d⁻¹ during the 1st week post-partum (PSPP) was lower in both TC, but different from each other (P < 0.05): 2.6 and 3.8 kg in primiparous and multiparous, respectively. The largest CA d⁻¹ was the 15th d of lactation (3.6 kg to 4.0 kg for primiparous and multiparous). Multiparas had higher CA overall during FL (P < 0.05): 103.4 vs 82.4 kg in primiparous. The loss of body weight (PPC) was higher (P < 0.05) in primiparous (12.9%) than in multiparous. The PPC greater than 20 kg increased the IDE: primiparous, 7.0 d; multiparous, 6.6 d. In short, the CA d⁻¹ during the PSPP negatively impacts the CA d⁻¹ in the 2nd and 3rd week of lactation, causing greater PPC and increased IDE in primiparous sows. For **Article III**, the objective was to determine the productivity, production costs and profitability of swine production scheme: 1st parity-elimination (EPE) vs conventional elimination (EEC). 80 hybrid sows (Landrace x York x Pietrain) were used, divided in two groups

according to the elimination scheme -EEL- (EPE or EEC). It was found that the size litter average/sow in EPE was 9.8 piglets and EEC was 10.4 piglets, both means statistically equal ($P > 0.05$). The average LD/sow in both EEL was equal ($P > 0.05$). 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 USD and \$ 36.06 USD for the EEC. The gain per piglet sold in EPE and EEC was \$ 8.24 and \$ 5.29 USD, respectively. The implementation of EPE is economically more profitable than the EEC due to lower production costs per LD and higher gain by piglet sold. In **Article IV**, it is developed an economic simulation based on two replacement policies: parity-elimination -100% replacement - (EPE) and conventional -30% replacement- (EEC). For the development of economic simulation, the productive and reproductive variables of a system of swine production (SPP) were used, using these values in the development of the simulation of two SPP with inventory of 200 females in reproductive herd/system and political of replacement of 100% (EPE) and 30% (EEC). The economic simulation determined that the replacement cost/year was 43,312.50 and 10,467.19 USD/year for EPE and EEC, respectively. The income/LD were 177,300.50 and 125,130.00 USD/year for EPE and EEC, respectively. The gross annual income was 23,895.00 USD in EPE and 9,971.00 USD in EEC, with a difference of 13,923.23 USD/year in favor of EPE. Therefore, the simulation allowed to establish that, the EPE improves production efficiency and increases economic efficiency of the system. Although, in this scheme, the concept of longevity and biological potential of discarded sow are lost, the constant production and the sustainability of the system are better.

Keywords: Sow, longevity, profitability, production costs.

INTRODUCCIÓN GENERAL

La verdad puede ser desconcertante. Entenderla nos puede llevar algún tiempo. Puede no ser intuitiva. Puede contradecir prejuicios profundamente arraigados. Puede no ser consonante con aquello que más deseamos que sea verdad. Pero nuestro gusto no determina la realidad...

Carl Sagan

Los sistemas de producción porcina (SPP), se caracterizan por una producción dinámica y en serie; características estas que, determinan su eficiencia productiva y solvencia económica (Ortiz *et al.*, 2008^a; Carr, 2011) y, para lograrlo, se requiere de controlar y manipular, en extremo óptimo, cada proceso parcial de producción (Bello, 2000). No obstante, existen otros factores externos que pueden poner en riesgo su sustentabilidad; uno de ellos es el mercado local e internacional, mismos que definen las importaciones de carne de cerdo y el precio del producto (Ortiz *et al.*, 2008^a; Stephano, 2012). Ante estos mercados, la porcicultura nacional posee ciertas ventajas -comercialización en mercados nacionales e internacionales-, debido al acelerado incremento demográfico que ocasiona déficit en la producción de proteína de origen animal (PIC, 2010). No obstante, los SPP nacionales no son capaces de abastecer la creciente demanda; por lo que el país tiene que importar más del 30% de carne de cerdo para satisfacer el consumo nacional (Stephano, 2012).

La incapacidad de cubrir con la demanda nacional de carne de cerdo, por parte del sector porcícola del país es atribuible, en gran parte, al desfase productivo de los propios sistemas de producción (Martínez *et al.*, 2003) que originan además, altos costos de producción y la subsecuente fuga de capital (Argilés, 2007). El desfase productivo, por lo general, inicia en las fases inherentes a la reproducción del cerdo (servicio, gestación, parto y lactancia) y su efecto se propaga hacia la totalidad del sistema. Este fenómeno puede explicarse, hasta cierto punto, por estrategias ineficientes en el control y manipulación de los eventos biológicos presentes en el sistema (Ortiz *et al.*, 2004); mismas que se expresan, en mayor medida, en la productividad de las cerdas; incremento en: intervalo destete-estro (IDE) (Andrés *et al.*, 2008), porcentaje de servicios repetidos (PSR), días no productivos -DNP- (Palomo, 2004; Hervías y Ayllón, 2004) y decremento en: número de nacidos vivos (NV) y destetados (ND), partos/hembra/año (PHA), entre otros más (Piñeiro *et al.*, 2008).

Lo anteriormente descrito puede o no, ser atribuible al desconocimiento de la biología de la especie por parte de los operarios de estos sistemas y ante esto, la incapacidad de controlar y manipular cada proceso parcial de producción dentro del sistema. No obstante, existen dos factores inherentes a la propia biología del cerdo que, aun y

cuando se comprende y se atiende, inevitablemente propician el desfase de la productividad del sistema, estos factores son: a) la hipofagia fisiológica lactacional (HFL) (Pere y Etienne, 2007 y Rigón *et al.*, 2008) y b) la edad de las cerdas (Malavé *et al.*, 2007).

La HFL tiene efecto directo sobre el consumo de alimento de la cerda durante la fase de lactancia (FL), mismo que se asocia con: i) pérdida de peso corporal (PPC), ii) incremento en IDE, iii) incremento del PSR e iv) incremento de los DNP; que conjuntamente provocan un decremento reproductivo y productivo de la cerda o del conjunto de cerdas de un SPP (Rigón *et al.*, 2008; Neill y Williams, 2011; Patullo, 2011).

La edad de la cerda, expresada en número de partos (NP), condiciona la eficiencia del eje hipotálamo-hipófisis-ovario y en consecuencia, ejerce influencia (negativa o positiva) sobre los eventos reproductivos y productivos de las cerdas y del propio SPP (Leyva, 2010). Debido a que la eficiencia reproductiva y productiva de las cerdas alcanza su pico en la madurez física, es decir entre el 4^{to} y 5^{to} parto, para después comenzar a decaer (Mota *et al.*, 2004).

El desfase productivo del sistema, debido a una mayor proporción de primíparas lo suscita la forma en que canalizan los nutrientes este tipo de cerdas, puesto que aún no logran su talla máxima (Carrión y Medel, 2002); por lo tanto, son más susceptibles a la pérdida de peso corporal durante el periodo de lactancia (Willis *et al.*, 2003 y Mota *et al.*, 2004) ocasionada por la HFL: disminución ($> 5 \text{ kg d}^{-1}$) en el consumo de alimento (Carrión y Medel, 2002; Rigón *et al.*, 2008; Pére y Etienne, 2007).

Estas evidencias hacen que los sistemas, cuya piara reproductiva este constituida en su mayoría por cerdas primíparas (1^{er} y 2^{do} parto) o viejas (> 5 partos) necesariamente su productividad estará lejos de los parámetros del potencial biológico de la especie (Hafez y Hafez 2002; Fernández *et al.*, 2006). Por tal motivo, se debe mantener una estructura de piara en equilibrio (15 % cerdas primíparas, 70 % cerdas multíparas y 15 % cerdas viejas) para garantizar una producción constante y homogénea (Moreno, 2009).

Ante la problemática descrita en los párrafos anteriores, la implementación de nuevas tecnologías (IT), con o sin elementos de la transferencia de tecnologías (TT), ha pretendido ser la herramienta que de solución al desfase productivo de los SPP. Lejos de lograr dicho objetivo, la IT ha incidido en mayor grado en la fuga de capital, debido a: 1) implementación parcial de paquetes tecnológicos, 2) operación de la tecnología de manera inadecuada, debido principalmente a barreras tecnológicas -ignorancia en su forma de operar-, 3) Paquetes tecnológicos no esenciales para resolver o maximizar la producción, debido a diferencias en los marcos conceptuales entre investigadores o asesores y los productores o responsables, dentro del sistema, de la toma de decisiones (Ortiz y Ortega, 2001; Ornelas, 2007).

El fracaso de la IT o de la TT, dentro de un SPP está determinado por diferentes connotaciones; la primera recae en que la TT está determinado por una serie de procesos, que de no seguirlos de forma meticulosa origina el fracaso de la tecnología implementada; así mismo, el contexto cultural -dentro de los SPP- es un tanto limitado, lo que genera rechazo de la tecnología si no suscitó los resultados esperados, sin antes analizar las posibles fallas (Ornelas, 2007). No obstante, en la actualidad se siguen probando nuevas tecnologías con la finalidad de eliminar el desfase productivo, entre las que se destacan:

a) Destete temprano segregado, lo que definió al SPP de tres sitios y, cuya finalidad fue, aminorar la incidencia de enfermedades que demeritan la productividad y economía del sistema. En este sistema, las etapas de producción se separan en tres sitios o áreas básicas: i) Sitio 1, cerdas reproductoras -servicio, gestación, parto y lactancia-; ii) Sitio 2, área de destete hasta los 20 a 35 kg de peso; iii) Sitio 3, crecimiento y finalización. Estos tres sitios están aislados uno del otro y bajo estrictas medidas de bioseguridad, las cuales van acompañadas del control del movimiento del personal y de animales (Harris, 2001).

Sin embargo, el fracaso al implementar esta tecnología está supeditado por la imposición de instalaciones muy costosas, principalmente en sitio 1 y 2, lo que genera mayor costo de producción; así mismo, la implementación de SPP con tres sitios, se caracteriza por implantar sistemas con una densidad de animales muy grande, lo que ocasiona control ineficiente del sistema en su totalidad y cuando se presentan alteraciones patológicas su

impacto es mayor, generando lo que se supone debía de controlar: desfase productivo e inestabilidad económica.

b) Destete precoz (≤ 7 días) y temprano (7-14 días), estas tecnologías o paquetes tecnológicos se implementaron con la finalidad de eliminar la transmisión vertical de enfermedades cerda-lechón y en consecuencia son tecnologías provenientes de los sistemas de tres sitios. En la actualidad, se siguen operando pero intentan conciliar dos objetivos esenciales en la porcicultura: i) controlar y erradicar las enfermedades y ii) reducir la fase de lactación, acelerando así la intensidad reproductiva de la cerda para aumentar el número de partos/cerda/año (P/C/A). Sin embargo, las lactancias cortas (< 14 días) tienen efectos detrimentales sobre la reproducción y producción de las cerdas, debido a que en una lactación < 14 días aún no se reactive el eje hipotálamo-hipófisis-ovarios, propiciando síntesis insuficiente de las hormona esenciales para desencadenar el estro de manera óptima (7 días post-destete) y ello propicia mayor PSR, menor número de NV, ND y P/C/A. Estos resultados y el incremento de los DNP, con su consecuente incremento de los costos de producción y fuga de capital, provocó el retorno a los sistemas con lactación de 21 días (Ortiz *et al.*, 2008^b).

c) Implementación de programas preventivos de vacunación, para reducir la presencia de enfermedades (Síndrome Respiratorio y Reproductivo Porcino -PRRS-, Aujeszky, Circovirus porcino, Parvovirus porcino, Ojo azul, E-coli, Salmonela entre otros) que afecten la productividad de los SPP. No obstante, implementar esquemas de vacunación es muy caro, aunado a esto, la presentación de estas enfermedades no es igual en todos los sistemas. Por lo tanto, se deben implementar estrategias específicas por sistema. Así mismo, el desconocer el ciclo biológico de las enfermedades propicia el fracaso de esta tecnología; se ha demostrado que aun en cerdas vacunadas contra PRRS previa entrada a la piara, la enfermedad se manifiestan a partir del 4^{to} parto (abortos, momias, mortalidad al nacimiento y destete) propiciando el desfase productivo (Perea, 2003; Lambert *et al.*, 2012).

Con los ejemplos antes mencionados de IT o TT implementados para evitar el desfase productivo, se puede decir que, el único fracaso de la tecnología es determinado por el propio hombre, ya que fue quién forzó a condiciones de confinamiento al cerdo a través

de la domesticación, modificando su biología. Sin embargo, sí se conoce o desconoce el comportamiento biológico del cerdo, no es posible mantener un SPP estable y el grado de inestabilidad está en función del conocimiento, primeramente porque no son sistemas *ideales* y segundo, aun y cuando la “*estabilidad*” la determina el conocimiento, comprensión y manipulación de los eventos biológicos ocurridos en cada etapa de producción, la biología del cerdo siempre estará sometida al ambiente (Ortiz y Ortega, 2001).

Yañez *et al.*, (2005) mencionan que la tecnología que actualmente ha impactado, en mayor grado, la dinámica de los SPP, es el mejoramiento genético de los cerdos, con la finalidad de incrementar la productividad, reducir costos de producción y generar mayores ingresos económicos. Sin embargo, la introducción de animales con potencial genético no garantiza una producción eficiente o soluciona el desfase productivo de los SPP (Mendoza y Ortega, 2009). En primer lugar porque, es muy posible que la introducción de animales con mayor mérito genético, a los que se van a remplazar responda a la solución del efecto del problema, más no al problema mismo del desfase productivo, es decir, para la solución del desfase productivo se debe partir del origen del problema y para ello, se requiere de una evaluación sistémica, de lo contrario solo se estaría remediando parcialmente el desfase dentro del sistema, pero sin la solución del origen del problema irremediablemente el sistema retornara a la ineficiencia, con su consecuente fuga de capital. En segundo lugar, con la introducción de una nueva tecnología (cerdos mejorados genéticamente) se altera o modifica a una parte del SPP y en consecuencia afecta a todo el sistema. Por ello, el mejoramiento genético por sí solo, no es capaz de mantener estables a los sistemas de producción porcina puesto que, se deben implementar tecnologías adicionales (nutricionales, sanitarias, instalaciones, entre otras.) para que los nuevos genotipos expresen su potencial genético (Palomo, 2011). Si se unen estos dos puntos, se está dentro de lo que se conoce como reingeniería de los sistemas, concepto que en la mayoría de los casos no está en la mente y en los objetivos de los productores, que en un intento por estabilizar a sus sistemas, recurren al mejoramiento genético como estrategia central para solucionar el desfase productivo.

Siguiendo con el mismo orden de ideas, se debe tener en cuenta que, el mejoramiento genético de los cerdos -especialmente en cerdas reproductoras- no solo desarrolla efectos deseables en la producción, también genera efectos negativos sobre los indicadores que determinan la longevidad y eficiencia productiva de las cerdas; los nuevos genotipos poseen menor rusticidad, presentan una pubertad prolongada y un incremento del efecto de la HFL: disminución del consumo de alimento y mayor pérdida de peso corporal de las cerdas en el periodo de lactación (Carrión y Medel, 2002). Fenómeno que origina fallas reproductivas post-destete e incremento de la tasa de remplazos de las cerdas: de 30% en la década de los 90^s, a más del 50% en la actualidad (Tiranti, 2006). Este incremento en la tasa de remplazos genera el desequilibrio de la estructura de partos y en consecuencia provoca el desfase productivo, debido a la mayor proporción de cerdas primíparas, quienes manifiestan, dentro de los SPP, indicadores productivos y reproductivos pobres (Tiranti y Morrison, 2006). Además, al incrementarse la tasa de remplazos, incrementa el inventario de la piara reproductiva. Lo que en conjunto afecta negativamente la economía del SPP (Seballos *et al.*, 2007).

De acuerdo con el razonamiento descrito en los párrafos anteriores, es inevitable que surja las siguientes preguntas ¿Si en la actualidad el porcentaje de cerdas desechadas (voluntaria o forzadamente) se ha incrementado por arriba del 50% en SPP ya sea por causas de enfermedades, disminución productiva o ambas, por qué no se ha implementado un esquema de producción con una tasa de remplazo del 100%? es decir, eliminar a las cerdas destetadas de primer parto para evitar el desfase reproductivo y productivo que generan las cerdas de 2^{do} y 3^{er} parto. ¿Un esquema de producción 1^{er} parto-eliminación que evite desfase productivo al no presentarse el desequilibrio de la estructura de partos del sistema debido a la variabilidad de la tasa de remplazo en los SPP, será capaz de ser sustentable y justificarse como innovación tecnológica?

Actualmente, no hay evidencias que expongan el uso de un esquema de remplazo del 100% en cerdas de 1^{er} parto (EPE), con fines comerciales. No obstante, se conoce la implementación de esquemas de remplazo de cerdas superiores al 70% dentro de SPP dedicados al mejoramiento genético; con la finalidad de acelerar el avance genético de los animales (Andrés *et al.*, 2009). En esta investigación, la implementación del EPE se

fundamentó principalmente en la biología de las cerdas de 1^{er} y 2^o parto y en las pérdidas económicas ocasionadas por este tipo de cerdas que, por lo general, son las que provocan el desfase productivo en los SPP. Por ello, se evaluó la productividad, costos de producción y rentabilidad de un SPP con esquema 1^{er} parto-eliminación de cerdas (100% de eliminación) y se comparó con el esquema de eliminación convencional (30% de eliminación).

OBJETIVO GENERAL

Determinar la viabilidad económica de un sistema de producción porcina con una tasa de reemplazo del 100% en cerdas de 1^{er} parto.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Establecer el efecto de la edad de la cerda (número de parto) sobre su desempeño reproductivo y productivo en un sistema de producción porcina.
2. Determinar los efectos ambientales sobre el consumo de alimento de las cerdas durante la fase de lactancia y su repercusión en el intervalo destete-estro en un sistema de producción porcina.
3. Determinar la productividad, costos de producción y rentabilidad de un sistema de producción porcina con esquema 1^{er} parto-eliminación (100% de reemplazo) vs un sistema con esquema de eliminación convencional (30% de reemplazo).

HIPÓTESIS

1. La edad de la cerda (número de parto) afecta la productividad de las cerdas dentro de un sistema de producción porcina.
2. El consumo de alimento de las cerdas durante la fase de lactancia afecta la presentación del intervalo destete-estro dentro de un sistema de producción porcina.
3. La productividad, costos de producción y rentabilidad de un sistema de producción porcina con esquema 1^{er} parto-eliminación (100% de reemplazo) tienen mayor viabilidad a los obtenidos en un sistema con esquema de eliminación convencional (30% de reemplazo).

ESTRATEGIA METODOLÓGICA GENERAL

La investigación fue dividida en cuatro artículos. Para la elaboración del artículo I, el trabajo de campo se realizó en tres sistemas de producción porcina (SPP) localizados en la región de La Piedad, Michoacán, México. Los SPP son de ciclo completo con producción en tres sitios. Para los artículos II y III, la investigación se llevó a cabo en un SPP de ciclo completo con tecnología e infraestructura para confinamiento total de los cerdos, distribuidos según su etapa de producción. El SPP pertenece a la FMVZ-UMSNH, ubicado en Tarímbaro, Michoacán, México, a la altura del km. 9.5 de la carretera Morelia-Zinapécuaro. En IV artículo, se elaboró una simulación económica a partir de los datos productivos que arroja el III artículo, para determinar su impacto en un sistema de mayor capacidad.

El artículo I, fue un estudio de tipo retrospectivo (2011-2012), donde se analizó el comportamiento reproductivo de las cerdas pertenecientes a tres SPP (n= 11,639 partos). La información se obtuvo del sistema de cómputo denominado PigCHAMP® perteneciente a los SPP analizados, con el cual se elaboró una base de datos. Las variables evaluadas fueron: tamaño de camada (TC), lechones nacidos vivos (NV), lechones destetados (LD) e intervalo destete-estro (IDE); de acuerdo, al número de parto (NP), genotipo (G), época de año (EP) y año (A). La información fue compilada, depurada y codificada para su análisis estadístico bajo la metodología de los Modelos de Efectos Fijos con mediciones repetidas (SAS, 2000). Las diferencias entre NP, G, EP y A, así como sus interacciones fueron determinadas por el procedimiento de medias de mínimos cuadrados -LSM, siglas en inglés- (SAS, 2000).

El artículo II, fue un estudio prospectivo. Para el cual se utilizaron 18 cerdas híbridas (York x Landrace x Pietrain), divididas según el tipo de cerda (TC): TC1 (n= 9) cerdas primerizas (1^{er} y 2^{do} parto) y TC2 (n= 9) cerdas multíparas (3^{er}, 4^{to} y 5^{to} parto); ambos TC fueron monitoreados durante la fase de lactancia (21 días) y sometidos a las mismas prácticas zootécnicas. Se midió el consumo de alimento de las cerdas, pérdida de peso corporal en la fase de lactancia, peso de la camada al nacimiento y destete e IDE. Las variables fueron analizadas mediante el método de los Modelos Lineales Generalizados -

GLM, siglas en inglés- (SAS, 2000); y las diferencias entre grupos se realizó bajo el método de medias de mínimos cuadrados -LsMeans, siglas en inglés- (SAS, 2000).

El artículo III, metodológicamente fue un estudio prospectivo. Se le dio el seguimiento a 80 cerdas híbridas (York x Landrace x Pietrain), divididas en dos grupos (G) -esquemas de reemplazo-: G1 (n=17) se utilizó una tasa de reemplazo del 100%, evaluándose el comportamiento reproductivo, productivo y económico de 44 partos, mientras que en el G2 (n=17) se utilizó la tasa de reemplazo convencional (30%), lo que determinó la evaluación de 65 partos. Tanto en el G1 como en el G2 se evaluó tamaño de camada (TC), NV, LD, IDE, porcentaje de servicios repetidos (PSR) y días no productivos (DNP). La variante fue que en el G1 se evaluaron cerdas de 1^{er} parto, mientras que en el G2 se evaluaron cerdas de 1^{er} a 5^{to}. Con la información recabada, se construyó una base de datos para su análisis estadístico, mediante el método de los Modelos Lineales Generalizados -GLM, siglas en inglés- (SAS, 2000). Así mismo, las diferencias entre esquemas de eliminación se realizaron bajo el método de medias de mínimos cuadrados -LsMeans, siglas en inglés- (SAS 2000).

El Artículo IV, fue una simulación económica a partir de los promedios de cada indicador (TC, NV, LD, IDE, PSR y DNP) obtenido en el artículo III, con la finalidad de transpolar estos resultados a dos SPP de mayor capacidad (200 hembras) con esquemas 100 y 30% de reemplazo y observar su comportamiento. Se realizó a partir de las variables reproductivas y productivas obtenidas por esquemas de eliminación; se establecieron las diferencias entre esquemas de eliminación por variable y se consideró el valor económico de la diferencia. El valor económico calculado se obtuvo mediante el modelo propuesto por Ruco y Muñoz (2006), modificada por Bobadilla *et al.* (2011). La simulación se realizó para un SPP con capacidad de 20 partos mensuales o un inventario de 200 hembras en reproducción.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ANDRÉS, M.A.; APARICIO, A.M.; PIÑEIRO, A. Granjas de genética –por qué y cómo practicar la autoreposición. **3tres3 La página del cerdo**. España 2009. En línea: http://www.3tres3.com/autores/miguel-angel-de-andres_245/pagina_3. 11-12-13.
- [2] ANDRÉS, M.A.; APARICIO, A.M.; PIÑEIRO, A. Intervalo Destete-Cubricion: qué le influye y cómo podemos controlarlo. **3tres3 La página del cerdo**. España 2008. En línea: http://www.3tres3.com/datos_productivos/intervalo-destete-cubricion-que-le-influye-y-como-podemos-controlarlo_2174/. 11-12-12.
- [3] ARGILÉS, B. J. M. La información contable en el análisis y predicción de viabilidad de las explotaciones agrícolas. **Rev. Econ. Aplicada**. 44: 109-135. 2007.
- [4] BELLO, O.R. Propuesta metodológica para el analisis de sistemas porcícolas intensivos (Tesis de grado) MSNH-FMVZ. Michoacán, Morelia. México. Pp 63-72. 2000.
- [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] CARR, J. Fluir de Cerdos. Dept. of Vet. Diagnostic & Production Animal Medicine Assistant; IOWA. State University. Extraído de Swine Production Management-Records (Memoris); Iowa State University. 2011.
- [7] CARRIOR, D.; MEDEL, P. Interacción nutrición reproducción en ganado porcino. **XVII Curso de Especialización FEDNA**. Madrid, 05/14-17. España. 27-70 pp. 2002.
- [8] FERNANDEZ, A.; RODÍGUEZ, M.C.; SILIÓ, L. Evaluación Genética del Tamaño de Camada en Sucesivos Partos en una Línea Materna de Cerdos *Large White*. **Dep. Mej. Gen. Anim. SGIT-INIA**. Coruña, España. Pp 122-132. 2006.
- [9] HAFEZ E, S.E.; HAFEZ, B. Hormonas, Factores de crecimiento y Reproduccion en: **Reproducción e inseminacion artificial en animales** 7° Ed. Mc GRAW-HILL INTERAMETICANA. Pp 33-47. 2002.
- [10] HARRIS, D.L. Sistemas de manejo multi-sitio en: **Producción porcina multi-sitio** 2° Ed. ACRIBA. Pp 43-57. 2001.
- [11] HERVÍAS, L.M; AYLLÓN, A. Análisis y control de los días no productivos. **3tres3 La página del cerdo**. España 2004. En línea: http://www.3tres3.com/datos_productivos/analisis-y-control-de-los-dias-no-productivos_1045/. 05-06-13

- [12] LAMBERT, M.E; MARTINE, D; ZVONIMIR, P; SYLVIE, D.A. Gilt replacement strategies used in two swine production areas in Quebec in regard to porcine reproductive and respiratory syndrome virus. **J swine health and prod.** 20(5): 223-230. 2012.
- [13] LEYVA, A. N. L. Control y Manipulación Biológica de las Cerdas en las Fases de Servicio, Gestación, Parto y Lactancia en un Sistema Intensivo de Producción Porcina. (Tesis de grado) UMSNH. FMVZ. Morelia. Michoacán. pp 6 y 7. 2010.
- [14] 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.
- [15] 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. De Zoo.** 52(197): 101-104. 2003.
- [16] MENDOZA, U.; ORTEGA, R. Factores genéticos y ambientales que influyen en el intervalo destete-servicio en cerdas. **Rev. Comp. Prod. Anim.** 16(2): 103-109. 2009.
- [17] MORENO, O.R. Análisis Histórico del Intervalo Destete-Servicio en un Sistema Intensivo de Producción Porcina en la Región de La Piedad, Michoacán, México. (Tesis de grado) UMSNH-FMVZ. Michoacán, Morelia. México. Pp 29-41. 2009.
- [18] 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. 2003.
- [19] NEILL. C., WILLIAMS. N.C. Producción de leche y necesidades alimenticias en cerdas (I). 2011. **3tres3 La página del cerdo.** En línea: http://www.3tres3.com/nutricion/produccion-de-leche-y-necesidades-alimentarias-en-cerdas-i_3_284/. 14/08/2013.
- [20] ORNELAS, B.S. Asimilación de transferencia de tecnológica en sistemas semi-intensivos y familiares de producción porcina en la costa michoacana. (Tesis de grado) UMSNH-FMVZ. Michoacán, Morelia. México. Pp 1-3. 2007.
- [21] 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. (b)
- [22] 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.

- [23] ORTIZ, R.R; SÁNCHEZ, V.M; GÓMEZ B; PÉREZ, R.E. Factores del personal que contribuyen a la variabilidad productiva en los sistemas intensivos de producción porcina **Rev. Com. de Prod. Porc.** 16(4): 239-245. 2008. (a)
- [24] PALOMO, Y. A. Nutrición aplicada en las cerdas lactantes. **Anaporc.** (84):28-30. 2011.
- [25] PALOMO, Y.A. Días no productivos. Director División Porcina. SETNA-NUTRICIÓN S.A. **Avances Vol. I.** / Mayo 2004.
- [26] PATULLO, H. Influencia de la alimentación en la productividad de la cerda. En línea: **Porcicultura.com.** México 2011. http://www.porcicultura.com/porcicultura/home/articulos_int.asp?cve_art=769. 10-06-113.
- [27] PÉRE. M.C.; ETIENNE, M. Insulin sensitivity during pregnancy, lactation, and postweaning in primiparous gilts. **J Anim Sci.** 85(1):101-10. 2007.
- [28] PEREA, P.M. Viabilidad de los estimadores reproductivos en un sistema de producción porcina afectado por el síndrome respiratorio y reproductivo porcino. (Tesis de grado) UMSNH-FMVZ. Michoacán, Morelia. México. Pp 1-17. 2003.
- [29] PIC. Análisis de la industria porcina en Latinoamérica. **Benchmark.** Mayo 2010
- [30] PIÑEIRO, C; APARICIO, M; ANDRÉS, M.A. El intervalo entre partos: ¿cuánto influye en la producción? **3tres3 La página del cerdo.** España 2008. En línea: http://www.3tres3.com/datos_productivos/el-intervalo-entre-partos%C2%BFcuanto-influye-en-la-produccion_2319/. 05-06-13.
- [31] 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.
- [32] 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 p. 2006.
- [33] 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.
- [34] STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE (SAS) Guide for personal computers. Version 8. 2000.
- [35] STEPHANO, A. Situación de la porcicultura mexicana. En línea: **Porcicultura.com.** México. 2012.

http://www.ganaderia.com.mx/porcicultura/home/articulos.asp?cve_autor=1068#. 15-12-12.

- [36] TIRANTI, I.K. Uso de registros en la evaluación de longevidad de las madres. **Vº Congreso de Producción Porcina del Mercosur**. Córdoba 22-24/05/06 Argentina. Sin pp. 2006.
- [37] TIRANTI, I.K; MORRISON, B.R. Mortalidad y descarte de cerdas; factores de riesgo. **Vº Congreso de Producción Porcina del Mercosur**. Córdoba 22-24/05/06 Argentina. Sin pp. 2006.
- [38] WILLIS, H.J; ZACK, L.J; FOXCROFT, G.R. Duration of lactation, endocrine and metabolic state, and fertility of primiparous sows. **J Anim Sci.**, 81:2088-2102. 2003.
- [39] YAÑEZ, L; TROMPIZ, J; VECCHIONACCE, H. Introducción de razas de cerdos hiperprolíficas chinas en las occidentales: Una revisión. **Arch. Latinoam. Prod. Anim.** 13(12): 70-80. 2005.

ARTÍCULO I

*El viaje no termina jamás. Solo los viajeros terminan.
Y también ellos pueden subsistir en memoria, en recuerdo, en narración...
El objetivo de un viaje es solo el inicio de otro viaje.*

José Saramago

EFECTO DEL NÚMERO DE PARTO SOBRE LOS PRINCIPALES INDICADORES REPRODUCTIVOS DE LAS CERDAS

EFFECT OF THE NUMBER OF PARITY ON THE MAIN REPRODUCTIVE INDICATORS OF SOWS

**Gerardo Ordaz-Ochoa¹, Aureliano Juárez-Caratachea^{1*},
Antonio García-Valladares², Rosa Elena Pérez-Sánchez¹ y Ruy Ortiz-Rodríguez²**

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 Tarímbaro, Michoacán. ajuarez1952@hotmail.com

RESUMEN

Se evaluó el desempeño reproductivo de cerdas con distinto genotipo: líneas genéticas, razas y cruza, a través del número de parto (NP). Para ello, se utilizaron 11,639 partos ocurridos entre enero 2011 y diciembre 2012. La información procedió de tres granjas localizadas en la región de La Piedad, Michoacán, México. Se evaluó: tamaño de camada (TC), lechones nacidos vivos (NV), lechones destetados (LD) e intervalo destete-estro (IDE), independientemente de las granjas. La información se analizó mediante los modelos de efectos fijos, con mediciones repetidas. Se encontró mayor TC ($P < 0,05$) en el 3^{er}, 4^{to} y 5^{to} parto: 9,7; 9,8 y 9,6 lechones, respectivamente. En el 3^{er} y 4^{to} parto se encontró la mayor cantidad de NV ($P < 0,05$). La menor cantidad de LD se encontró en el 1^{er} parto ($P < 0,05$): 7,3 LD. El IDE en el 1^{er} parto (11,5 d) fue mayor ($P < 0,05$) al resto de los partos evaluados. Se encontró diferencia entre los años evaluados ($P < 0,05$) en la eficiencia productiva de las cerdas (EPC). En verano, se incrementó los LD e IDE ($P < 0,05$). La interacción NP*época mostró que, en primavera y verano el 1^{er} y 2^{do} parto presentaron una menor EPC ($P < 0,05$). La interacción NP*G reveló mayor EPC en el 3^{er} y 4^{to} parto en los tres genotipos evaluados. La EPC es afectada por NP y NP*G principalmente. El IDE, de acuerdo con los genotipos analizados, está afectado más por factores ambientales que por el NP.

Palabras clave: Reproducción, prolificidad, lechones nacidos vivos y destetados, intervalo destete-estro

ABSTRACT

The reproductive performance of different genotype sows was evaluated: genetic lines, breeds and crosses, through the number of parity (NP). To do this, 11,639 parities that occurred between January 2011 and December 2012 were used. The information was gathered from three farms located in the region of La Piedad, Michoacán, Mexico. Litter size (TC), piglets born alive (NV), weaned piglets (LD) and weaning-estrus interval (IDE) was evaluated, independently of the farms. The information was analyzed through the fixed effects models with repeated measures. A higher TC ($P < 0,05$) was found for the 3rd, 4th and 5th parity: 9,7; 9,8 y 9,6 piglets, respectively. In the 3rd and 4th parity the highest quantity for NV was found ($P < 0,05$). The least quantity of LD was found on the 1st parity ($P < 0,05$): 7,3 LD. The IDE in the 1st parity (11,5 d) was greater ($P < 0,05$) than the rest of the parities evaluated. There were differences between the years evaluated ($P < 0,05$) in the productive efficiency of the sows (EPC). During the summer, the LD and IDE were higher ($P < 0,05$). The interaction NP*season showed that during spring and summer the 1st and 2nd parity presented a lower EPC ($P < 0,05$). The interaction NP*G revealed a greater EPC in the 3rd and 4th parity in the three genotypes evaluated. The EPC is mainly affected by NP and NP*G. The IDE, according to the genotypes analyzed, is affected more by environmental factors than by the NP.

Keywords: Reproduction, prolificacy, piglets born alive and weaned, weaning-estrus interval

INTRODUCCION

El creciente incremento demográfico ha ocasionado un déficit en la producción de proteína de origen animal, a nivel mundial, lo cual origina que los países recurran a la importación para satisfacer la demanda de alimentos [25], aspecto al cual no está exenta la industria porcina de México: actualmente importa más de 30% de carne de cerdo (*Sus scrofa domestica*) para satisfacer el consumo nacional [40]. Al parecer, uno de los principales problemas de improductividad en la industria porcina, está relacionado con el incremento del intervalo destete-estro; el cual genera un aumento en el porcentaje de servicios repetidos y un decremento en: el tamaño de camada al nacimiento y de lechones nacidos vivos/parto. La suma de estos efectos incrementa de porcentaje de

hembras de desecho y de reemplazo [11]. No obstante, el porcentaje de hembras de desecho no necesariamente responde a aspectos de longevidad de las cerdas (hembras viejas con más de seis partos), pues en el desecho, un porcentaje considerable (>30%) pertenece a hembras jóvenes de 1^{er} a 3^{er} parto [38].

Por otra parte se ha establecido que, la longevidad productiva de las cerdas es un indicador de productividad, y esta se puede medir a través de: el número de partos y la sumatoria de los lechones nacidos vivos y destetados durante la vida productiva de la cerda [26]. Sin embargo, se sugiere que la disminución de la vida productiva y el aumento de la productividad de las cerdas, que forman parte de las granjas, trae consigo mayores beneficios, puesto que incrementan las ganancias económicas [24]. Dentro de los sistemas de producción porcina, la productividad de las cerdas está determinada por su edad (número de partos) alcanzando su pico de producción en la madurez física (4^{to} a 5^{to} parto), para después comenzar a decaer [10, 17, 25], lo que sugiere que el número de parto de la cerda es de importancia para garantizar la rentabilidad de los sistemas de producción, debido a que el tamaño de camada, tanto de nacidos vivos como de destetados, es un rasgo que determina la productividad de la cerda y por lo tanto, la economía de la producción porcina [14].

La estrecha relación entre variables reproductivas como lo son el tamaño de camada al parto y el total de lechones destetados o el peso de éstos, influye en el intervalo destete-estro y éste a su vez, en las citadas variables. Además, el intervalo destete-estro es un indicador importante en una explotación porcina, debido a que repercute en el intervalo entre partos o en el número de partos/hembra/año o el número de partos durante la vida reproductiva de la cerda. El decremento del número de partos/hembra impacta los costos de producción, pues aún cuando la cerda no esté generando producto, demanda de insumos [1, 23].

Se ha sugerido que el número de parto de la cerda afecta de manera directa al intervalo destete-estro, puesto que se ha encontrado que dicho intervalo es más prolongado en cerdas con ≤ 4 partos. Este incremento en intervalo destete-estro en hembras jóvenes se asocia, por lo general, a una mayor remoción de reservas corporales para mantener la producción láctea [20], lo que a su vez repercutirá en el reinicio de la actividad ovárica

post-destete y determinará el tamaño de camada al nacimiento y el número de nacidos vivos [34], puesto que las reservas corporales (grasa, principalmente) son esenciales en la producción de hormonas (hormona liberadora de gonadotropina, hormona folículo estimulante y hormona luteinizante) y mediadores químicos (insulina, glucosa, factor de crecimiento insulínico y leptina) necesarios para un adecuado funcionamiento ovárico [4]. Mientras que el número de lechones destetados se asocia más con factores ambientales, tales como: la nutrición de la cerda y el ambiente microbiano del área de maternidad, dentro de los más importantes [28, 34]. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el número de parto de las cerdas sobre su desempeño reproductivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un análisis retrospectivo con la información de 11.639 partos registrados entre enero 2011 y diciembre 2012. La información procedió de tres granjas que utilizan el sistema de cómputo denominado PigChamp® para el registro y control del proceso de producción. Las granjas se localizan en la región de La Piedad, Michoacán, México; situada a 1.675 m sobre el nivel del mar a 20°, 21' LN y 102° 2' LO. El clima de esa región es templado con lluvias en verano [19].

Las granjas poseían cerdas de diferentes partos (1 a 5 partos) y genotipos: Líneas comerciales PIC® (n= 3.500) y SEGHERS® (n= 2.348); Yorkshire (n= 4.162); Yorkshire x Landrace (n= 1.558). Las tres granjas cuentan con edificios para confinamiento total de los cerdos del tipo semi-abierto, planeados para uso intensivo con flujo de producción semanal. Las bases de datos de las tres granjas no fueron utilizadas para hacer un comparativo entre ellas, sino para determinar el comportamiento reproductivo de las cerdas de acuerdo al número de parto; puesto que el efecto de granja es difícil de explicar, debido a que involucra o se anidan diversas variables tales como: ambiente, personal, técnicas y tecnología [39].

Las variables evaluadas fueron: tamaño de camada (TC); lechones nacidos vivos (NV); lechones destetados (LD) e intervalo destete-estro (IDE), de acuerdo al número de parto (NP), genotipo (G), longitud de lactancia (LL), época de año (EP) y año (A). La información fue compilada, depurada y codificada para su análisis estadístico bajo la

metodología de los Modelos de Efectos Fijos con mediciones repetidas, bajo el siguiente modelo:

$$Y_{ijklmn} = \mu + NP_i + EP_j + A_k + LL_l + G_m + (NP*EP)_{ij} + (NP*A)_{ik} + (NP*LL)_{il} + (NP*G)_{im} + \epsilon_{ijklmn}$$

DÓNDE:

Y_{ijklmn} = Variable respuesta: Tamaño de Camada (TC), Nacidos Vivos (NV), Lechones Destetados (LD) e Intervalo destete-estro (IDE).

μ = Constante que caracteriza la población

NP_i = Efecto fijo del i -ésimo número de parto ($i=1^{er}$, 2^{do} , 3^{er} , 4^{to} , 5^{to})

EP_j = Efecto fijo de la j -ésima época (j = primavera, verano, otoño, invierno)

A_k = Efecto fijo del k -ésimo año ($k=2011, 2012$)

LL_l = Efecto fijo de la l -ésima longitud de lactancia ($l=1,2,3$)

G_m = Efecto fijo del m -ésimo genotipo (m = línea, raza, cruce)

$(NP*EP)_{ij}$ = Efecto fijo de la interacción del i -ésimo número de parto con la j -ésima época

$(NP*A)_{ik}$ = Efecto fijo de la interacción del i -ésimo número de parto con el k -ésimo año

$(NP*LL)_{il}$ = Efecto fijo de la interacción del i -ésimo número de parto con la l -ésima longitud de lactancia

$(NP*G)_{im}$ = Efecto fijo de la interacción del i -ésimo número de parto con el m -ésimo genotipo

ϵ_{ijklmn} = Efecto aleatorio asociado a cada observación ($\sim NID=0, \sigma^2$).

Las diferencias entre NP, G, EP y A, así como sus interacciones fueron determinadas por el procedimiento de medias de mínimos cuadrados (LSM, siglas en inglés) [18, 37]. Para el procesamiento del análisis estadístico se utilizó el paquete de cómputo denominado SAS [37]

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron efectos ($P < 0,001$) de NP, EP, A, interacción NP*EP y NP*G sobre: TC, NV, LD e IDE. No se encontró efecto de EP sobre TC y NV ($P > 0,05$), ni de A sobre IDE. Con respecto a LL esta afectó ($P < 0,001$) al IDE (TABLA I), resultados que concuerdan con los hallazgos de otros investigadores [12, 25, 39], quienes encontraron estos efectos, con mayor o menor magnitud, sobre el desempeño reproductivo y productivo de la cerda.

TABLA I

En relación al efecto del NP sobre TC, se encontró que cerdas de 3^{er} a 5^{to} parto presentaron mayor prolificidad ($P < 0,05$): 9,7; 9,8 y 9,6 lechones, respectivamente

(TABLA II). Estos resultados concuerdan con otros investigadores, quienes encontraron mayor TC en cerdas de 3^{er} y 4^{to} parto [10, 12, 16].

TABLA II

Se puede observar que, las cerdas de 1^{er} y 2^{do} parto presentaron menor prolificidad ($P < 0,05$). Sin embargo, son las cerdas de primer parto quienes resultaron con menor TC, con respecto a cerdas de 2^{do} parto ($P < 0,05$). Existe contradicción con respecto a TC de acuerdo al NP, pues existen investigaciones en las que reportan que no se encontraron diferencias en TC entre cerdas de 1^{er} y 2^{do} parto [12, 39]. Pero en otras, se reporta mayor tamaño de camada en cerdas de 1^{er} parto que en cerdas de 2^{do} parto [14]. Así mismo, otros investigadores encontraron menor TC en cerdas de 1^{er} parto (6,6 lechones) que en cerdas de 2^{do} parto o más [3].

Dentro de los factores que determinan el TC suelen estar: el número de parto, las cubriciones por concepción y el intervalo destete-concepción; los cuales son afectados por las prácticas zootécnicas, enfermedades, estrés y el efecto macho, entre otros aspectos [25]. Además de estos factores ambientales, otro factor que tiene efecto sobre el TC es el genotipo de la cerda, pues en el mercado actual existe un número considerable de casas genéticas que ofertan líneas genéticas con aptitud prolífica [41], aspecto que se discutirá más adelante.

Con respecto al efecto del NP sobre NV se encontró que las cerdas que presentaron menor cantidad de NV ($P < 0,05$) fueron cerdas de 1^{er} parto (TABLA II). Investigaciones previas señalan que la causa de menor cantidad de NV en cerdas primíparas (1^{er} y 2^{do} parto) es por inexperiencia de la propia cerda; así como, a una deficiencia en la atención del parto, por parte de los operarios del sistema. Esta deficiencia, ocasiona mayor mortalidad durante el proceso de parto (0,94 lechones) en comparación de cerdas de 3^{er} o más partos (0,50 lechones) [3, 30]. Aspectos que se verán reflejados en el número de LD y que podrían explicar por qué las cerdas de 1^{er} parto destetaron menor ($P < 0,05$) cantidad de lechones (7,3 LD) en comparación con el resto de los partos evaluados (TABLA II). Además, los resultados de LD no concuerdan con otras investigaciones, en donde se señala que, las cerdas del 4^{to} y 5^{to} parto destetan mayor cantidad de lechones (10,9 lechones; $P < 0,05$) [3].

El efecto del NP sobre el IDE determinó que las cerdas de 1^{er} parto fueron las que mostraron un intervalo destete-estro (11,5 d) mayor ($P < 0,05$), al resto de los partos evaluados (TABLA II). Mientras que el IDE en cerdas de 5^{to} parto fue menor (6,3 d) en comparación con cerdas de 3^{er} y 4^{to} parto ($P < 0,05$). Se ha establecido que el IDE debe encontrarse dentro del rango de 5,5 - 7,5 d [3]. Sin embargo, estos valores no están asociados solo al NP de las cerdas, sino también, al consumo de alimento, intensidad de amamantamiento y grado de remoción de reservas corporales durante la lactancia, factores que son más severos en cerdas de 1^{er} y 2^{do} parto [34].

La información referente al efecto de EP sobre el IDE, determina que este indicador se incrementa en el verano debido a la temperatura ambiental ($> 20^{\circ} \text{C}$) y a la baja ingesta de alimento por parte de las cerdas en lactancia [34]. Aspecto que concuerda con los resultados encontrados, puesto que en el verano el IDE se fue mayor que el resto de las épocas evaluadas (FIG. 1). Con respecto al efecto de EP sobre LD, se ha establecido [2] que, la menor productividad en cuanto a LD se encuentra en los dos últimos trimestres del año (verano-otoño), debido principalmente a la variabilidad de temperaturas y al aumento de la humedad relativa lo que propicia una mayor presentación de enfermedades y un aumento de mortalidad de lechones durante la lactancia. Lo que concuerda parcialmente con los resultados de la presente investigación, puesto que en verano el número de LD fue mayor ($P < 0,05$) que el resto de las épocas evaluadas y en el otoño LD fue menor ($P < 0,05$) que en el resto de las épocas analizadas (FIG. 1).

FIGURA 1

En lo referente al efecto del A sobre TC, NV y LD se encontró que en el 2011 los valores para estos indicadores fueron superiores ($P < 0,05$) con respecto al 2012 (FIG. 2). Al respecto, existen evidencias [16, 27] de que la variable año contiene otros factores que alteran la producción de los sistemas porcinos, como cambios en: estructura de partos, tecnológicos, personal, insumos, entre otros más; mismos que son difíciles de explicar [16, 39].

FIGURA 2

Con respecto al efecto de NP*EP sobre la productividad de la cerda se encontró que en la primavera las cerdas de 1^{er} y 2^{do} parto registraron TC menores ($P < 0,05$) en comparación con cerdas de 3^{er} o más partos. En el verano, las cerdas de 1^{er}, 2^{do} y 5^{to} parto tuvieron un TC menor ($P < 0,05$) a cerdas del 3^{er} y 4^{to} parto. En otoño, ocurrió el mismo comportamiento que en verano. En invierno, el TC de las cerdas de 1^{er} parto fue menor ($P < 0,05$) que el resto de los partos analizados (FIG. 3). En relación a la interacción NP*EP sobre LD se encontró que, cerdas del 3^{er}, 4^{to} y 5^{to} parto destetan menos lechones en el verano y en el otoño ($P < 0,05$) que en el resto de las épocas analizadas. Las cerdas de 1^{er} y 2^{do} parto, presentaron un mayor ($P < 0,05$) número de LD en verano e invierno (FIG. 3). Con respecto al IDE, se encontró que este se incrementó ($P < 0,05$) en las cerdas de 1^{er}, 3^{er}, 4^{to} y 5^{to} parto en el verano. Mientras que las cerdas de 2^{do} parto registraron un IDE estable (IDE = 7 d) durante las épocas evaluadas (FIG. 4). Este cambio en el TC, LD e IDE de acuerdo a NP*EP concuerda con Trollet [41], quien encontró que la época del año influye sobre la eficiencia reproductiva de las cerdas. No obstante, el efecto NP*EP sobre el IDE es más severo que en las otras variables analizadas, pues el IDE durante el verano tiende a incrementarse [31]

FIGURA 3

FIGURA 4

En relación a la interacción NP*A, se encontró que, el 3^{er} y 4^{to} parto de las cerdas, tanto en 2011 como en 2012, el TC, NV, LD e IDE fueron mayores ($P < 0,05$); siendo el 2011 el que presentó mayor productividad ($P < 0,05$), con base a NP*A, que el 2012 (FIG. 5). Como ya se mencionó anteriormente, la variable año, sin considerar interacción con otras variables, contiene otros factores ambientales que alteran la producción de las cerdas, más el efecto del NP de las mismas complica aún más la explicación del comportamiento reproductivo del sistema [16, 27].

FIGURA 5

Antes de discutir el efecto de la interacción número de parto-genotipo de la cerda (NP*G) sobre la productividad de la misma, primeramente se debe establecer que la

presencia de diferentes genotipos en cada sistema de producción responden en esencia a la demanda del consumidor, por lo que cada sistema determina con qué tipo de animales (líneas, razas o cruces) obtendrá los resultados que está demandando el mercado en la actualidad [32]. Sin embargo, ya sea a través de razas, cruces o líneas genéticas, la productividad del sistema recae en la productividad de las cerdas [41], lo cual concuerda con los resultados encontrados en la presente investigación al analizar el efecto de la interacción NP*G (FIGS. 6, 7, 8 y 9). De acuerdo con esta interacción y sus resultados en TC, NV, LD e IDE se puede sugerir que, el número de parto de las cerdas y su genotipo, determinan la eficiencia reproductiva, siendo cerdas cruzadas de 3^{er} y 4^{to} parto las que mostraron mejor desempeño en TC, NV y LD, no siendo así para el IDE, donde las líneas genéticas y la raza de 3^{er} y 4^{to} parto presentaron un mejor comportamiento.

En relación al TC, se pudo observar que en los tres genotipos evaluados, la menor eficiencia se encontró en las cerdas de 1^{er}, 2^{do} y 5^{to} parto (FIG. 6). Esta menor prolificidad de las cerdas de 1^{er} y 2^{do} parto puede explicarse a través de dos componentes: peso y condición corporal de la cerda al parto y la hipofagia lactacional [29].

FIGURA 6

Durante el periodo de lactación, la remoción de reservas corporales está en función de la prolactina, pues ésta incrementa la remoción de grasa corporal para aumentar el contenido de grasa en la leche, lo que explica en parte: la pérdida de peso durante el periodo de lactación, la reducción en la liberación de GnRH, el incremento el IDE y la disminución el TC subsiguiente [22]. Además, se ha establecido que si la pérdida de peso corporal de la cerda, al finalizar la lactancia, se ubica entre 10 y 15%, esto repercute directamente en la reproducción subsiguiente [5, 7], lo que se agrava con la hipofagia lactacional, causante de mayor remoción de reservas corporales en la cerdas debido a una disminución voluntaria de alimento durante la primera semana de lactación, provocada por una baja tolerancia de glucosa en sangre [35], efecto que se incrementa en hembras de 1^{er} y 2^{do} parto [5, 36] y en hembras de línea genética seleccionadas para velocidad de crecimiento y magrez de la canal [13]. Esto, explicaría la mayor eficiencia en TC de los cruces (FIG. 6), puesto que el efecto que produce la hipofagia lactacional afecta

más a cerdas seleccionadas con características de magrez y velocidad de crecimiento (líneas genéticas y razas puras), que a cerdas cruzadas, ya que estas últimas presentan mayor cantidad de grasa dorsal (> 24 mm) [4].

El análisis de NV de acuerdo a la interacción NP*G, mostró que, cerdas de línea y raza de 1^{er} parto tienen menos NV ($P < 0,05$) con respecto a cerdas de 2^{do} parto de los mismos genotipos; pero estas últimas fueron menos eficientes ($P < 0,05$) que las cerdas de 3^{er} y 4^{to} parto (FIG. 7), aspecto que concuerda con otras investigaciones, donde se encontró diferencias en NV entre hembras de diferentes genotipos con menos de 3 partos y con más de 3 partos: 11-12 y 9-10 lechones NV, respectivamente [41].

FIGURA 7

Es posible que el menor número de NV encontrado en cerdas de 1^{er}, 2^{do} y 5^{to} parto (FIG. 7) se deba a: TC, atención al parto y a la prolongación del periodo de parto (> 6 hrs); sobre todo en hembras de 5^{to} parto o más, lo cual resulta en muerte de lechones por asfixia antes de nacer [9]. Sin embargo, el desempeño de las cerdas -de acuerdo a NP*G- no concuerdan, específicamente en las líneas genéticas, con los resultados establecidos por las propias casas genéticas [21, 35], es posible que el menor número de NV en las cerdas de línea genética evaluadas se deba a factores ambientales, pues las cerdas analizadas estuvieron bajo condiciones de producción comercial.

En lo referente al número de LD, de acuerdo a la interacción NP*G (FIG. 8), las cerdas de 1^{er} parto fueron menos eficientes que las de 2^{do} parto ($P < 0,05$), pero a partir del 3^{er} parto, la eficiencia en LD se mantuvo igual ($P > 0,05$). Se ha determinado que el efecto de número de parto sobre LD es el resultado de la relación entre NV y LD; por lo general, las cerdas más viejas tienden a incrementar los tamaños de camada al nacimiento, pero en éstas se incrementa la muerte de lechones durante el parto, posiblemente porque se prolonga el parto, teniendo como resultado menor número de NV con menor peso al nacimiento y por lo tanto menor cantidad de LD [6, 8, 15].

FIGURA 8

La cantidad de lechones destetados, no solo es afectada por factores ambientales propios de la etapa de lactación, sino también, por todos aquellos factores que determinan el

número de lechones nacidos vivos, como es el caso del número de parto de la cerda y el genotipo de las mismas [31].

Finalmente, el efecto del número de parto y el genotipo sobre IDE, de acuerdo a la interacción NP*G, mostró que las hembras de 1^{er} parto (tanto de líneas como de razas y cruces), presentaron mayor intervalo destete-estro ($P < 0,05$), el cual va disminuyendo conforme las cerdas tienen más partos. No obstante que las cerdas cruzadas siguieron la misma tendencia (mayor NP menor IDE) estas, presentaron un IDE mayor ($P < 0,05$) que las líneas y la raza (FIG. 9).

FIGURA 9

Investigaciones previas han reportado que el IDE es más largo en cerdas de 1^{er} parto, encontrando intervalos, tales como 11,7 d [32], 10,0 d [25] y 12,2 d [27]. Así mismo, se ha establecido que el IDE más corto se presenta en cerdas de 3^{er} a 5^{to} parto [25, 27]. Estas diferencias entre hembras de menos de 3 partos y de más de 3 partos se deben a que las cerdas primíparas son más sensibles a la pérdida de grasa, pues requieren de mayor demanda de nutrientes, porque están aún en crecimiento y utilizan sus reservas para mantenimiento y producción láctea [25].

Con relación al genotipo se encontró que, las cerdas cruzadas (Landrace x Yorkshire) presentaron mayor IDE (9,2 d), en comparación con el resto de los genotipos evaluados (FIG. 4). Resultado que no concuerda con lo reportado en cerdas cruzadas: IDE promedio de 3,5 d [33]. Es posible que esta diferencia en el comportamiento del IDE en cerdas cruzadas (9,2 vs 3,5 d) este determinada por la constitución genética del cruce y el ambiente donde se reproduzcan las cerdas [14]. En lo que respecta a las diferencias de los resultados del IDE de cruces, líneas genéticas y razas (FIG. 9), es posible que estas se deban a factores de selección genética. Puesto que, los genotipos seleccionados para velocidad de crecimiento y canal magra (línea y raza), muestran un efecto de mayor grado de la hipofagia lactacional, mismo que es más marcado en la primera semana post-parto, lo que ocasiona menor deposición de grasa dorsal y baja condición corporal al destete y en consecuencia, una deficiencia reproductiva [4, 13].

CONCLUSIONES

La eficiencia reproductiva de las cerdas medida a través del tamaño de camada, nacidos vivos y lechones destetados es afectada por el número de parto y la interacción número de parto-genotipo, principalmente, por lo que las cerdas logran su mayor eficiencia cuando éstas tienen 3 y 4 partos, eficiencia que se mantiene dentro de la interacción número de parto-genotipo, aunque, las líneas genéticas y las razas presentan una menor productividad que las cerdas cruzadas. Caso contrario sucede con el intervalo destete-estro, aunque también es afectado por el número de parto, existen otros factores que lo afectan, tales como: año, época, longitud de la lactancia y las interacciones entre estos, lo que sugiere que el intervalo destete-estro está afectado más por factores ambientales.

BIBLIOGRAFÍA.

- [1] ANDRÉS, M.A.; APARICIO, A.M.; PIÑEIRO, A. Intervalo Destete-Cubrición: qué le influye y cómo podemos controlarlo. **3tres3 La pagina del cerdo**. España 2008. En línea: http://www.3tres3.com/datos_productivos/intervalo-destete-cubricion-que-le-influye-y-como-podemos-controlarlo_2174/. 11-12-12.
- [2] ARGENTI, P.; CHANG, A.; SEMIDEY, G.; RIVAS, A.; SOLER, M. Efecto de época y número de lechones al destete sobre la respuesta reproductiva de la cerda. **Zoot. Trop.** 18(3): 313-322. 2000.
- [3] 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.
- [4] CARRIOR, D.; MEDEL, P. Interacción nutrición reproducción en ganado porcino. Madrid, España. **XVII Curso de Especialización FEDNA**. Pp 27-70. 05/14-17. 2002.
- [5] CLOWES, E.J.; AHERNE, F.X.; FOXCROFT, G.R. Effect of delayed breeding on the endocrinology and fecundity of sows. **J. Anim. Sci.** 72: 283-291.1994.
- [6] CUTLER, R.S.; FAHY, V.A.; SPICER, E.M. Prewaning Mortality. In: **Diseases of Swine**. 7 Ed. Iowa., U.S.A. Pp 847-860. 1994.
- [7] 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.

- [8] ENGLISH, R.P.; SMITH, J.W.; MCLEW, A. Manejo de la cerda lactante y su camada en: **La Cerda: Como mejorar su Productividad**. 2 Ed. D.F., México: Manual Moderno. Pp 182-233. 1985.
- [9] ESPINOZA, C.; CATAÑO, G.; GALLO, B. **Manual de Producción Porcina**. España 2005. En línea: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf2/manual-produccion-porcicola/manual-produccion-porcicola.pdf>. 07-08-12.
- [10] FERNANDEZ, A.; RODRÍGUEZ, M.C.; SILIÓ, L. Evaluación Genética del Tamaño de Camada en Sucesivos Partos en una Línea Materna de Cerdos *Large White*. **Dep. Mej. Gen. Anim. SGIT-INIA**. Coruña, España. Pp 122-132. 2006.
- [11] FUENTES, C.M.P.G. Características reproductivas de la cerda. Influencia de algunos factores ambientales y nutricionales. **REDVET**. VII(1): 1-36. 2006.
- [12] GARCÍA, G.S.J.G.; HERRADORA, L.M.A.; MARTÍNEZ, G.R.G. Efecto del número de parto de la cerda, la caseta 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] GEORGE, R.; FOXCROFT, G.R.; AHERNE, F.; KIRWOOD, R. Fisiología y manejo de la hembra de remplazo. **Agrupacion de consultores en tecnología del cerdo (Animal Industry Division)**. Version electronica en disco compacto. Edmonton, Canadá. 2002.
- [14] 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.
- [15] GÓMEZ, M.; SEGURA, J.; RODRÍGUEZ, J. Efecto de año, bimestre y número de parto de la cerda en el tamaño y peso de la camada al nacer y al destete en una granja comercial. **Rev. Bioméd.** 3(1): 23-28. 1999.
- [16] GUTIÉRREZ, M., ABELEDO, C.M.; DIÉGUEZ, F.J.; SANTANA, I.; HERNÁNDEZ, S.; BRACHE F.; ACUÑA, N. Factores ambientales y sus efectos sobre la conducta reproductiva de cerdas CC21 en el periodo 1997-2010. **Rev. Comp. Prod. Porc.** 19(3): 183-186. 2012.
- [17] HAFEZ E, S.E.; HAFEZ, B. Hormonas, Factores de crecimiento y Reproduccion en: **Reproducción e inseminacion artificial en animales** 7° Ed. Mc GRAW-HILL INTERAMETICANA. Pp 33-47. 2002.
- [18] HERRERA, J.G.; BARRERA, S.A. Diseños experimentales básicos. Análisis Estadístico de Experimentos Pecuarios. **Manual de Procedimientos para el uso del programa SAS**. Colegio de Postgraduados. Pp 31- 40 y 87 – 89. 2000.
- [19] Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (**INEGI**). Anuario Estadístico del Estado de Michoacán. Ed. 2009-2010. Pp 127-142. 2010.

- [20] 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. Cient. Uni. Zulia**, XXII(4): 341-447. 2012.
- [21] JIMÉNEZ, A.E. Evaluación productiva, del destete a la cosecha, de la progenie de tres grupos raciales de verracos terminales: Duroc, Seghers y Dalland en dos tipos de madres híbridas. 2012. **Engormix.com**. México. En línea: <http://www.engormix.com/MAporcicultura/genetica/foros/articulo-evaluacion-productiva-destete-t9279/103-p0.htm>. 15-12-12.
- [22] KING, H.R.; PETTIGREW, J.E.; MCNAMARA, J.P.; MURTRY, J.P.; HENDERSON, T.L.; HATHAWAY, M.R.; SOWER, A.F. The Effect of Exogenous Prolactin on Lactation Performance of First-Litter Sow Protein-Deficient Diets during the First Pregnancy. **Anim. Rep. Sci.** 41: 37-50. 1995.
- [23] 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): 2007.
- [24] LÓPEZ, N.; GALINDEZ, R. Evaluación de la prolificidad acumulada de la cerda y peso acumulado de camadas al nacimiento en los grupos raciales Large White, Landrace y cruzados. **Rev. Fac. Cienc. Vet. Maracay** 52(2): 99-108. 2011.
- [25] 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.
- [26] 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**. (R. Romero, Salomon J. y De Devanzi; Edits). Maracay, Venezuela. Pp 219-244. 08/23-26. 2005.
- [27] MENDOZA, U.; ORTEGA, R. Factores genéticos y ambientales que influyen en el intervalo destete-servicio en cerdas. **Rev. Comp. Prod. Anim.** 16(2): 103-109. 2009.
- [28] 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. Michoacán, Morelia. Tesis de grado. México. Pp 29-41. 2009.
- [29] 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. Cient. FCV-LUZ** (1): 13-19. 2003.

- [30] 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.
- [31] 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.
- [32] PÉREZ, M. Maximización de la Rentabilidad a Travez de la Genetica. *Porcicultura.com*. México. 2008. En línea: http://www.porcicultura.com/porcicultura/home/articulos_int.asp?cve_art=309. 17-12-12.
- [33] PÉREZ, S.R.E. Evaluación de Algunos Factores Ambientales Geneticos que Determinan los Intervalos Destete-Estro y Destete-Servicio en Cerdas con Lactaciones Cortas. UMSNH-FMVZ. Michoacán, Morelia. Tesis de grado. México. Pp 15-23. 2007.
- [34] 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.
- [35] Pig Improvement Company (PIC). Aspectos económicos de la productividad de la cerda durante su vida útil. **InfoPIC USA**. Pp 1-10. 2011.
- [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] STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM (SAS) Guide for personal computers. Version 8. Institute In Compani. Cary electronic version available on CD. 2000.
- [38] 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.
- [39] 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.
- [40] STEPHANO, A. Situación de la porcicultura mexicana. *Porcicultura.com*. México. 2012. En línea: http://www.ganaderia.com.mx/porcicultura/home/articulos.asp?cve_autor=1068#. 15-12-12.

- [41] TROLLIET, J.C. “Productividad Numérica de la Cerda: Factores y componentes que la afectan”. 2005. En Línea. <http://www.produccion-animal.com.ar> 26-07-2012.

TABLA I
ANÁLISIS DE EFECTOS FIJOS PARA LOS INDICADORES REPRODUCTIVOS DE LAS CERDAS

F de V	TC			NV		LD		IDE	
	GL	CM	Pr > F	CM	Pr > F	CM	Pr > F	CM	Pr > F
Número de Parto	4	34,36	<,0001	45,09	<,0001	26,42	<,0001	74,47	<,0001
Época	3	0,36	0,7855	0,14	0,9340	4,75	0,0026	50,22	<,0001
Año	1	38,03	<,0001	38,32	<,0001	29,24	<,0001	3,64	0,0565
NP*Época	12	2,54	0,0024	3,72	<,0001	2,95	0,0004	2,48	0,0030
NP*Año	4	2,19	0,0674	1,25	0,2858	0,14	0,9672	13,01	<,0001
NP*Genotipo	10	12,53	<,0001	9,75	<,0001	4,86	<,0001	7,07	<,0001
Largo de Lactancia	2	&		&		&		59,65	<,0001
NP*Largo de Lactancia	8	&		&		&		1,94	0,0520

TC= Tamaño de Camada; NV= Nacidos Vivos; LD= Lechones Destetados; IDE= Intervalo destete-estro; NP= Número de Parto; &= No se consideró en el modelo.

TABLA II
DESEMPEÑO REPRODUCTIVO DE LAS CERDAS DE ACUERDO AL NÚMERO DE PARTO

Número de Parto	TC		NV		LD		IDE	
	Prom	E.E.	Prom	E.E.	Prom	E.E.	Prom	E.E.
1	9,0 ^d	0,06	8,2 ^c	0,07	7,3 ^b	0,05	8,8 ^b	0,12
2	9,4 ^c	0,06	8,8 ^b	0,07	7,9 ^a	0,05	6,7 ^a	0,13
3	9,8 ^a	0,06	9,2 ^a	0,06	8,0 ^a	0,04	6,4 ^a	0,14
4	10,0 ^a	0,07	9,3 ^a	0,08	7,9 ^a	0,06	6,2 ^a	0,16
5	9,6 ^b	0,09	8,9 ^{ab}	0,09	7,8 ^a	0,07	5,8 ^c	0,17

TC= Tamaño de Camada; NV= Nacidos Vivos; LD= Lechones Destetados; IDE= Intervalo destete-estro; Prom= Promedio.

^{a,b,c}= Medias con literales diferentes indican diferencias estadísticas (P<0,05) dentro de columna.

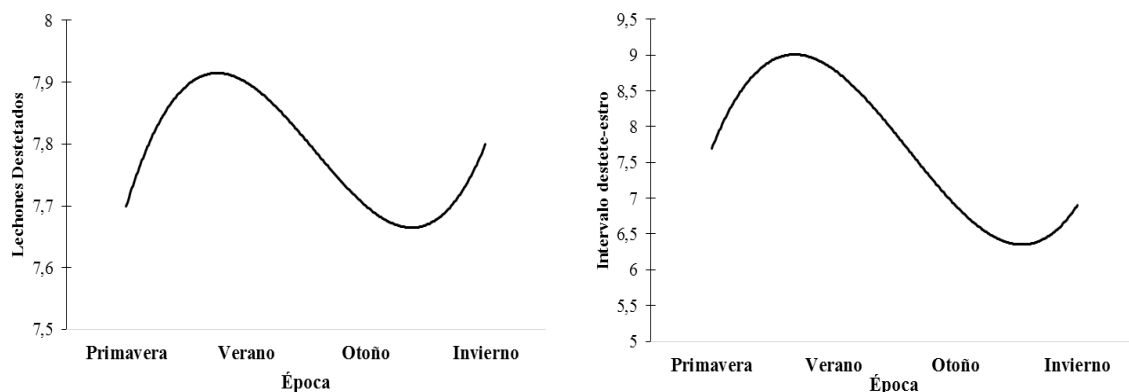


FIGURA 1. EL EFECTO DE LA ÉPOCA CON RESPECTO A LECHONES DESTETADOS E INTERVALO DESTETE-ESTRO

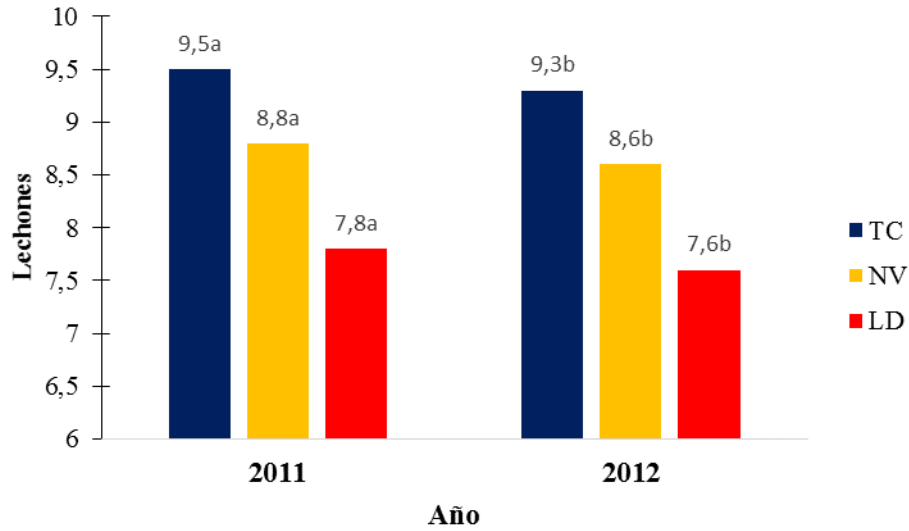


FIGURA 2. EL EFECTO DEL AÑO CON RESPECTO A TAMAÑO DE CAMADA, LECHONES NACIDOS VIVOS Y LECHONES DESTETADOS
 TC= Tamaño de Camada; NV= Nacidos Vivos; LD= Lechones Destetados;

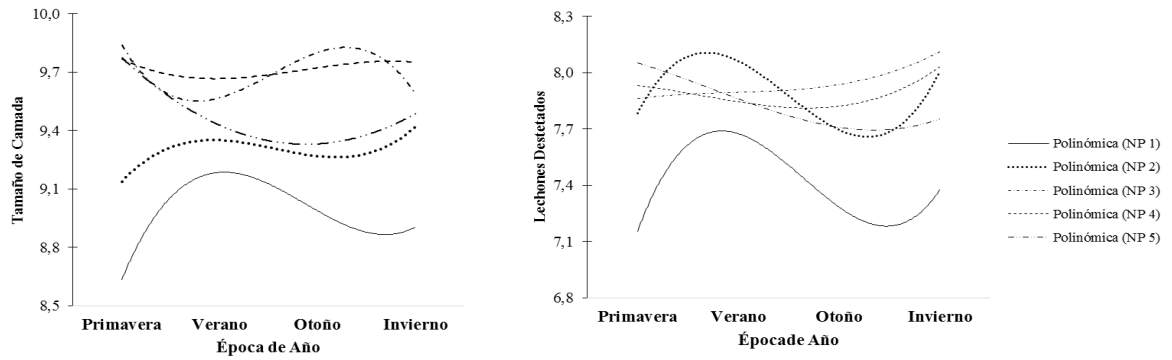


FIGURA 3. EL EFECTO DE LA INTERACCIÓN NP*EP CON RESPECTO AL TAMAÑO DE CAMADA Y LECHONES DESTETADOS
 NP= Número de Parto

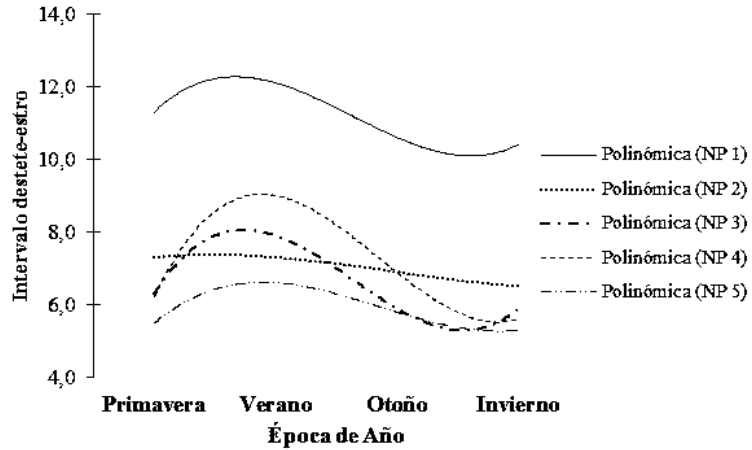


FIGURA 4. EL EFECTO DE LA INTERACCIÓN NP*EP CON RESPECTO AL INTERVALO DESTETE-ESTRO
NP= Número de Parto

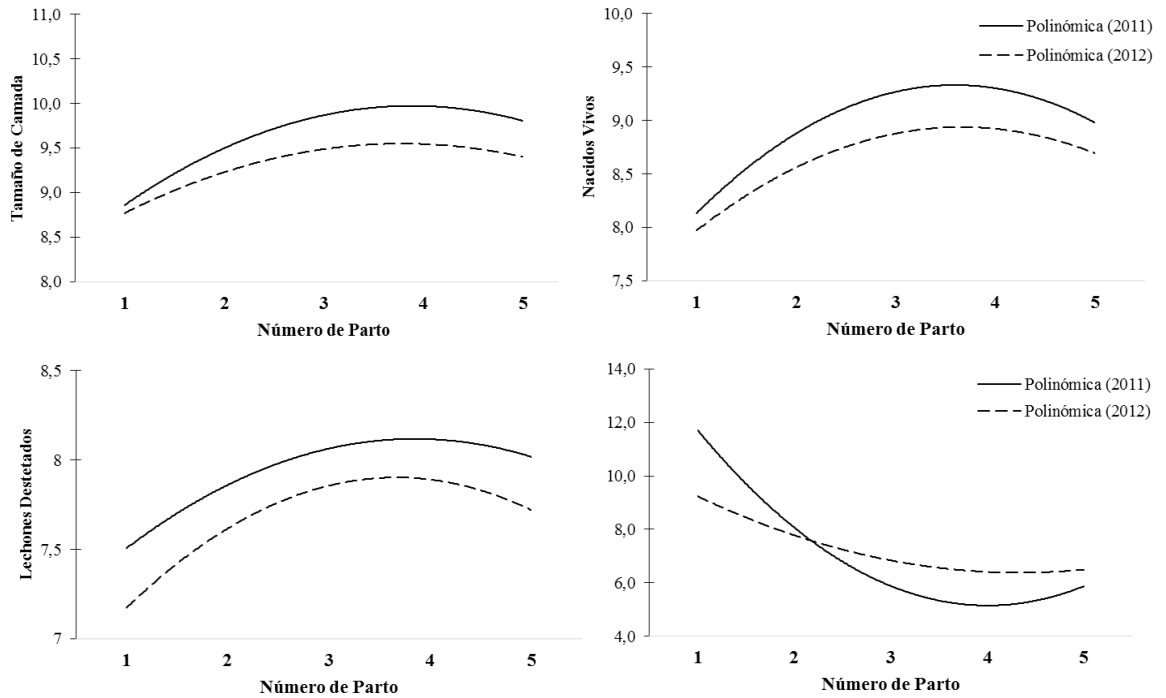


FIGURA 5. EL EFECTO DE LA INTERACCIÓN NP*A CON RESPECTO AL TAMAÑO DE CAMADA, NACIDOS VIVOS, LECHONES DESTETADOS E INTERVALO DESTETE-ESTRO

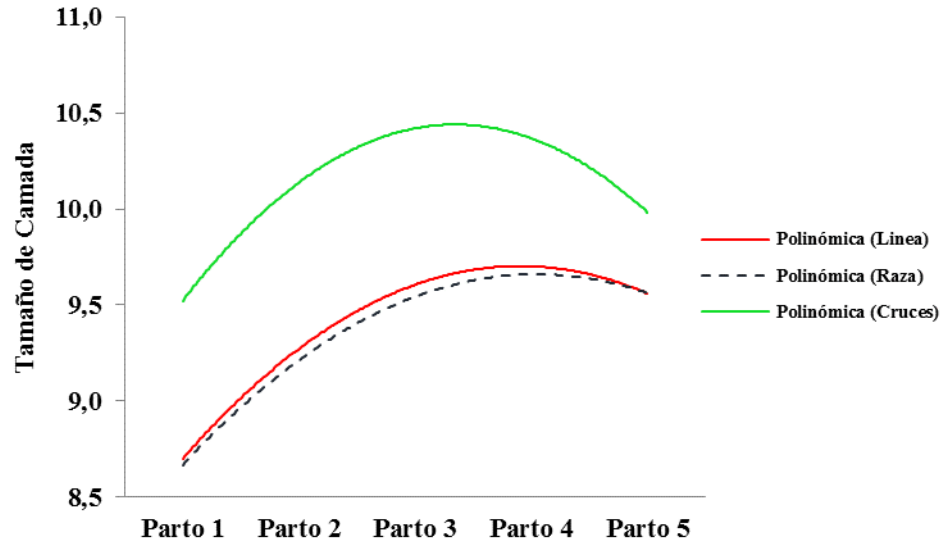


FIGURA 6. EL EFECTO DE LA INTERACCIÓN NP*G CON RESPECTO AL TAMAÑO DE CAMADA

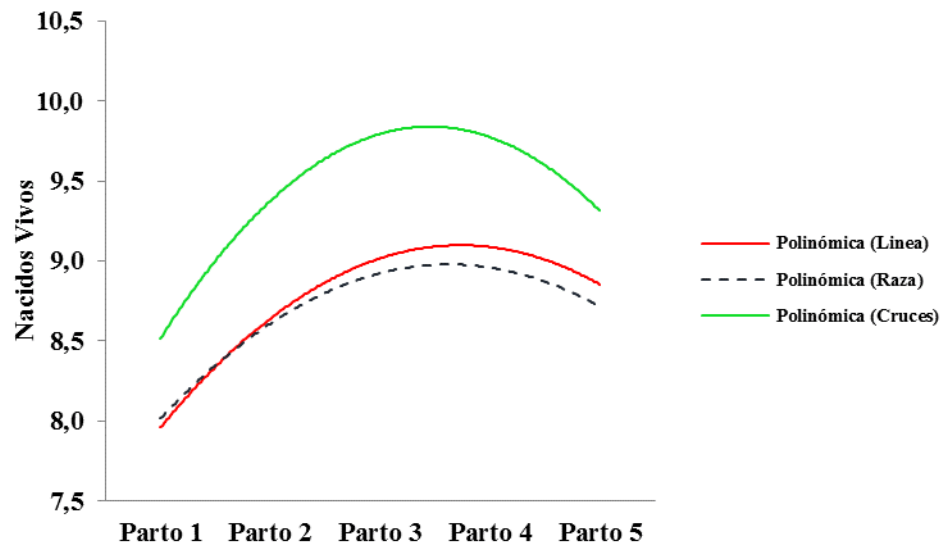


FIGURA 7. EL EFECTO DE LA INTERACCIÓN NP*G CON RESPECTO A LOS LECHONES NACIDOS VIVOS

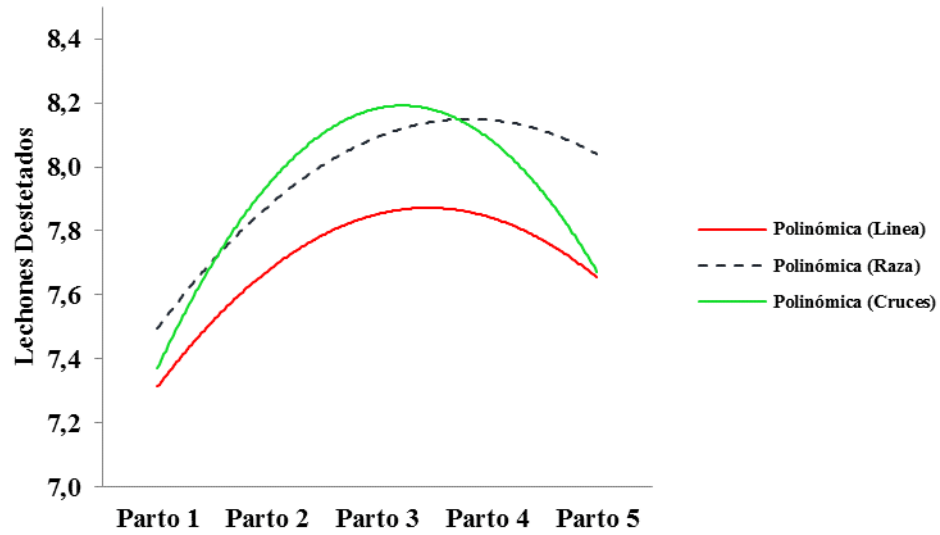


FIGURA 8. EL EFECTO DE LA INTERACCIÓN NP*G CON RESPECTO A LOS LECHONES DESTETADOS

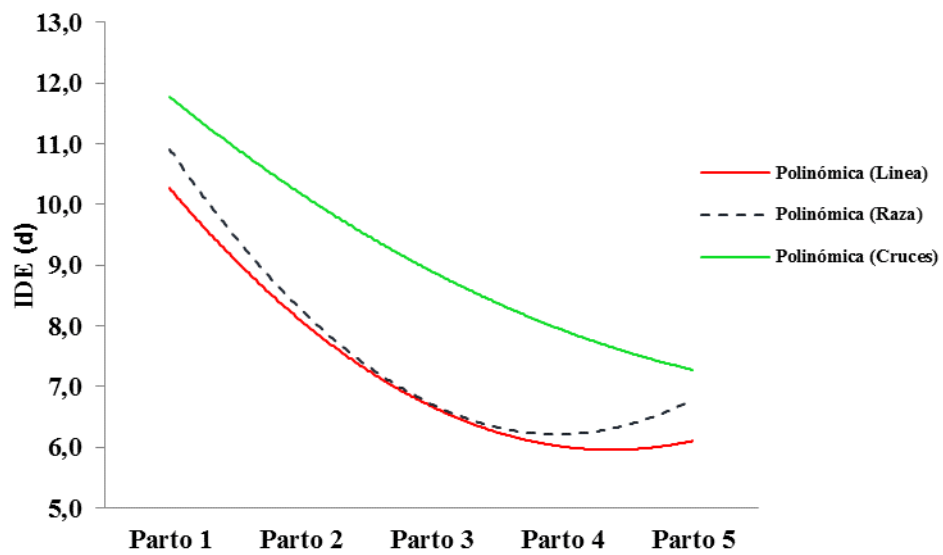


FIGURA 9. EL EFECTO DE LA INTERACCIÓN NP*G CON RESPECTO AL INTERVALO DESTETE-ESTRO

ARTÍCULO II

La vida es una extraña mezcla de azar, destino y carácter...

Wilhelm Dilthey

EFFECTOS AMBIENTALES SOBRE EL CONSUMO DE ALIMENTO DE LA CERDA DURANTE LA FASE DE LACTANCIA Y SU REPERCUSIÓN EN EL INTERVALO DESTETE-ESTRO

ENVIRONMENTAL EFFECTS ON FEED INTAKE OF THE SOW DURING THE LACTATION STAGE AND ITS IMPACT ON WEANING-ESTRUS INTERVAL

Ordaz-Ochoa Gerardo^{1*}, Juárez-Caratachea Aureliano¹, García-Valladares Antonio², Pérez-Sánchez Rosa Elena³ y Ortiz-Rodríguez Ruy²

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. ajuarez1952@hotmail.com

RESUMEN

El objetivo fue determinar los efectos ambientales sobre el consumo de alimento (CA) de las cerdas durante la fase de lactancia (FL) y su repercusión en el intervalo destete-estro (IDE). Para ello, se utilizaron 18 cerdas cruzadas (York x Landrace x Pietrain), divididas de acuerdo al tipo de cerdas (TC): TC1 cerdas primíparas y TC2 cerdas multíparas. En ambos TC se midió CA diario (d), pérdida de peso corporal (PPC), peso de la camada al nacimiento y al destete; así como el IDE. La información se analizó bajo los modelos lineales generalizados. Se encontró que, el CA d^{-1} durante la 1ª semana post-parto (PSPP) fue menor en ambos TC, pero diferentes entre sí ($P < 0,05$): 2,6 y 3,8 kg en primíparas y multíparas, respectivamente. El mayor CA d^{-1} fue al 15^{vo} d de lactación (3,6 kg para primíparas y 4,0 kg para multíparas). Las multíparas presentaron mayor CA total (CAT) durante la FL ($P < 0,05$): 103,4 vs 82,4 kg en primíparas. La PPC fue mayor ($P < 0,05$) en primíparas (12,9%) que en multíparas. La clasificación de CAT mostró menor IDE con CAT alto: IDE=4,3 días en primíparas con CAT de 105-119 kg y de 3,0 días para multíparas con CAT de 120-131 kg. La PPC mayor a 20 kg incrementó el IDE: primíparas, 7,0 días; multíparas, 6,6 días. En síntesis, el CA d^{-1} durante la PSPP impacta negativamente al CA d^{-1} en la 2ª y 3ª semana de lactancia, ocasionando mayor PPC e incremento del IDE en cerdas primíparas.

Palabras clave: Condición corporal, estructura de partos, fase de lactancia y reproducción.

ABSTRACT

The objective was determine the environmental effects on feed intake (CA) of sows during the lactation (FL) and its impact on weaning-estrus interval (IDE). For this, were used 18 hybrid sows (Landrace x York x Pietrain), divided according to the type of sows (TC): TC1 primiparous sows and TC2 multiparous sows. In both TC was measured CA daily (d), loss of body weight (PPC), litter weight at birth and weaning; as well as IDE. Data was analyzed under the generalized linear models. It was found that the CA d⁻¹ during the 1st week post-partum (PSPP) was lower in both TC, but different from each other (P < 0.05): 2.6 and 3.8 kg in primiparous and multiparous, respectively. The largest CA d⁻¹ was the 15th d of lactation (3.6 kg for primiparous and 4.0 kg for multiparous). Multiparous had higher total CA (CAT) during the FL (P < 0.05): 103.4 vs 82.4 kg in primiparous. The PPC was higher (P < 0.05) in primiparous (12.9%) than in multiparous. The classification of CAT showed lower IDE whit CAT high: IDE = 4.3 days in primiparous with CAT of 105-119 kg and 3.0 days for multiparous with CAT of 120-131 kg. The PPC greater than 20 kg increased the IDE: primiparous, 7.0 days; multiparous, 6.6 days. The CA d⁻¹ during the PSPP negatively impacts the CA d⁻¹ in the 2nd and 3rd week of lactation, causing greater PPC and increased of IDE in primiparous.

Key words: Body condition, parity structure, stage of lactation and reproduction.

INTRODUCCIÓN

El principal desafío de los sistemas de producción porcina (SPP) en la actualidad, es mantener la productividad constante para garantizar la sustentabilidad [27]. Por ello, se deben controlar y manipular cada uno de los procesos parciales de producción dentro del sistema [4]; centrándose en la fase de parto y lactancia puesto que, el número de lechones destetados/cerda/año determina la eficiencia productiva del sistema [21]. Es por ello, que la cerda (*Sus scrofa domestica*) –como unidad fundamental del sistema– establece la sustentabilidad reproductiva, productiva y económica del propio sistema [25]. Ante esto, los objetivos del mejoramiento genético en cerdos se han enfocado no solo en la obtención de cerdos con mayor magrez (< 13 mm grasa dorsal) sino a la obtención de hembras de mayor prolificidad y producción láctea: ≥ 12 lechones nacidos

vivos y 10 a 12 l de leche d⁻¹, con la finalidad de incrementar el número de lechones destetados (> 10) y reducir los costos de producción del sistema [18].

Sin embargo, estas mejoras en la productividad de la cerda, han tenido efecto negativo sobre otros indicadores; mismos que, determinan su longevidad y eficiencia productiva como lo son: menor rusticidad, pubertad prolongada y disminución en la capacidad de ingesta de alimento [7]; siendo esta última, factor determinante para una productividad constante y homogénea de las cerdas. Puesto que, la reducción en la ingesta de alimento, principalmente en la fase de lactancia (FL), afecta negativamente la productividad de las cerdas: a) decremento de la producción láctea y en consecuencia menor peso de la camada al destete, b) disminución en el consumo de alimento (CA), que se refleja en la reactivación ovárica post-destete, al incrementarse el intervalo destete-estro (IDE) y c) el incremento del IDE impacta negativamente la fertilidad y prolificidad en el siguiente parto [16]. Todos estos efectos son relacionados con la pérdida de peso corporal de la cerda (PPC) por un déficit alimenticio durante la FL [5].

El déficit en el CA voluntario de las cerdas surge al inicio de la FL: 1^a semana post-parto (PSPP); fenómeno conocido como hipofagia fisiológica lactacional (HFL), el cual provoca la PPC durante la lactancia [7, 24]. No obstante, el efecto de la HFL es más marcado en cerdas primerizas (1^{er} y 2^{do} parto), debido a que este tipo de cerdas aún no alcanzan su talla máxima y requieren canalizar el alimento consumido tanto para la producción láctea como para su crecimiento; a diferencia de las cerdas multíparas (> 4^{to} parto) que canalizan el alimento consumido principalmente hacia la producción láctea. Sin embargo, las multíparas también presentan PPC por efecto de la HFL pero no tan drástica como en las primerizas [19, 21].

La HFL se debe al aumento de gonadotropinas tales como hormona folículo estimulante (FSH) y hormona luteinizante (LH) durante la fase hipógonadotrópica -por la que atraviesan las cerdas inmediatamente después del parto- y al incremento de glucosa en sangre. Tanto el incremento de las gonadotropinas y el aumento de la glucosa post-parto originan resistencia a la insulina, lo que genera la sensación de saciedad de la cerda a nivel hipotalámico, debido a que los receptores donde actúan las hormonas estimulantes del apetito (neuropeptidos-Y y granina) son bloqueados por las hormonas leptina, FSH,

LH y los péptidos opioides durante la PSPP [22]. Además, de que, la HFL ocasiona disminución en el CA d^{-1} , también genera un balance energético negativo; condición que permanece hasta que se remueve parte de las reservas corporales de las cerdas y estas transiten de la fase hipogonadotrópica a la fase de normalización, misma que inicia a partir del día (d) 14 post-parto [7].

Así, el déficit en el CA de las cerdas durante la lactancia provoca PPC y en consecuencia, el incremento del IDE, debido al menoscabo de energía (grasa) –producto de la PPC- para la producción constante de hormonas y mediadores químicos, tales como: insulina, glucosa, factor de crecimiento insulínico (IGF), leptina, FSH y LH, quienes participan en la reactivación ovárica post-destete [7]. Por ello, el objetivo fue determinar los efectos ambientales sobre el CA de las cerdas durante la FL y su repercusión en el IDE.

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 [11]. Para el desarrollo de la investigación se utilizaron 18 cerdas cruzadas (York x Landrace x Pietrain), divididas de acuerdo al tipo de cerda (TC): TC1 (n= 9) en el cual se evaluaron cerdas primíparas (1^{er} y 2^{do} parto) y TC2 (n= 9) donde se evaluaron cerdas multíparas (3^{er}, 4^{to} y 5^{to} parto); ambos TC fueron monitoreadas durante la fase de lactancia (21 d) y sometidas a las mismas prácticas zootécnicas. El alimento suministrado consistió en alimento comercial y salvado de trigo (TABLA I); previo al parto, se restringió el alimento a 2 kg/cerda. Al parir las cerdas se les suministró 1 kg de alimento y 1 kg de salvado de trigo mismo que fue suspendido el 3^{er} d post-parto. A partir del 2^{do} d post-parto se incrementó el alimento de forma gradual (500 g d^{-1}) hasta proporcionar 2 kg d^{-1} cerda⁻¹, más 400 g d^{-1} lechón⁻¹ lactante. La ración total de alimento cerda⁻¹ se dividió en dos porciones: 7:30 am y 2:00 pm. El rechazo de alimento se pesó diariamente por la mañana previa a la alimentación, durante la FL.

TABALA I

En TC1 y TC2 se midió: peso vivo de las cerdas al momento de entrar a la sala de maternidad (5 d pre-parto) y al destete (21 d post-parto), CA, PPC en la FL, peso de la camada al nacimiento (PCN) y destete (PCD) e IDE. Con la información recabada, se construyó una base de datos para su análisis estadístico, mediante el método de los Modelos Lineales Generalizados (GLM, siglas en inglés) [26]. Las diferencias entre grupos se realizó bajo el método de medias de mínimos cuadrados (LsMeans, siglas en inglés) [26]. El modelo utilizado fue:

$$Y_{ijklm} = \mu + G_i + NP_j + S_k + \beta_1(X_{ijkl} - \bar{X}) + \beta_2(X_{ijkl} - \bar{X}) + \beta_3(X_{ijkl} - \bar{X}) + \epsilon_{ijklm}$$

Dónde:

Y_i = Variable respuesta: CA, PPC e IDE

μ = Promedio general.

G_i = Grupo como efecto fijo con i = primerizas, múltiparas

NP_j = Número de parto como efecto fijo con $j=1, 2, 3, 4, 5$

S_k = Semana de lactación como efecto fijo con $k=1, 2, 3$

β_1 = Coeficientes de regresión parcial para el efecto lineal del peso de la cerda pre-parto; $(X_{ijk} - \bar{X})$ = Efectos de la covariable lineal del peso de la cerda pre-parto.

β_2 = Coeficientes de regresión parcial para el efecto lineal del peso de la cerda al destete; $(X_{ijk} - \bar{X})$ = Efectos de las covariable lineal del peso de la cerda al destete.

β_3 = Coeficientes de regresión parcial para el efecto lineal del número de lechones nacidos vivos; $(X_{ijk} - \bar{X})$ = Efectos de las covariable lineal del número de lechones nacidos vivos.

ϵ_{ijkl} = Error aleatorio asociado a cada observación ($\sim NID=0, \sigma^2_e$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontró correlación $CA d^{-1}$, consumo total al final de la FL (CAT) con TC y las variables reproductivas y productivas (TABLA I); así, por ejemplo, la correlación entre TC-CAT fue mayor ($r = 0,36; P < 0,001$) que, la correlación entre TC- $CA d^{-1}$ ($r = 0,19; P < 0,001$), en relación a las correlaciones $CA d^{-1}$ -peso de la camada/semana y CAT-peso de la camada/semana, estas fueron de 0,47 ($P < 0,001$) y 0,28 ($P < 0,001$), respectivamente (TABLA II); ello sugiere que, $CA d^{-1}$ tiene mayor relación con variables productivas de las cerdas durante la FL. Resultados que concuerdan con los

hallazgos de otros investigadores [1, 18], quienes encontraron que la edad de la cerda, días de lactancia, intensidad de amamantamiento y peso de la camada al destete están relacionados con el CA; mientras que el CAT de las cerdas en la FL está más relacionado con el IDE, peso de la cerda al destete y PPC en la FL. Con respecto a éstas tres últimas variables se encontró que, la correlación CAT-IDE fue alta y negativa ($r = -0,56$; $P < 0,001$); mientras que, las correlaciones CAT-peso de la cerda al salir de maternidad y CAT-PPC fueron altas y positivas, ambas de 0,40 ($P < 0,001$) (TABLA II).

TABLA II

En relación a las variables que afectaron el CA de las cerdas durante la FL se encontró que, TC, número de lechones lactantes por semana y cerda (LLS) y las etapas de lactación -etapa de HFL y etapa de normalización- afectaron ($P < 0,001$) a dicha variable. Resultados que concuerdan con investigaciones anteriores [5,10] y en donde se determina que, el CA es afectado por la edad de la cerda y tamaño de camada. En relación al efecto de TC sobre CA, se ha encontrado [8, 17] que, el CA durante la FL es mayor en cerdas multíparas que, en primíparas. Aspecto que concuerda con los resultados de esta investigación (FIG. 1).

FIGURA 1

Se puede observar que, el mayor CAT ($P < 0,05$) durante la FL (21 d) fue para las multíparas: 103,4 kg (FIG. 1). Resultado inferior al reportado en trabajos anteriores [3, 29]: 136,5 y 105,0 kg para multíparas y primíparas, respectivamente; en lactancias de 21 d. La diferencia en el CAT, entre primíparas y multíparas se debe principalmente al tamaño de camada, puesto que las cerdas primíparas tienen camadas menos numerosas con respecto a las multíparas [13]. Sin embargo, los resultados de la regresión múltiple determinaron que, el máximo CAT, tanto para multíparas como para primíparas, fue cuando el número de LLS fue de nueve. Aunque si bien, dentro de TC el mayor CAT fue para multíparas (FIG. 2).

FIGURA 2

El mayor CA d^{-1} y CAT de las multíparas (FIGS. 1 y 2) está determinado, en mayor grado, por su masa corporal [19] que, por el número de LLS; puesto que, una vez alcanzada su talla máxima consumen entre 13 y 15% más alimento en relación a las

primíparas [18]. Al respecto, se encontró que, el CA d^{-1} máximo en primíparas fue de 11,2% menor a las multíparas en el 15^{vo} d de lactación: 5,193 y 5,850 kg de alimento, respectivamente (FIG. 3). No obstante, el CAT de primíparas fue 20,0% menor que en multíparas (FIG. 1).

FIGURA 3

Investigaciones previas [8], señalan que el CA durante la FL no solo es afectado por el genotipo de las cerdas, sino también por: el CA durante la gestación, condición corporal (CC) al parto, frecuencia de alimentación, temperatura ambiental, disponibilidad de agua y edad. Así mismo, el CA de las cerdas en lactancia está relacionado con el peso de la camada: por cada gramo de incremento en el peso del lechón, la cerda requiere producir cuatro gramos de leche, relación que obliga al incremento del CA d^{-1} para mantener la producción láctea [1]. Al respecto se encontró que, el CA d^{-1} de las cerdas se incrementó ($P < 0,001$) en multíparas ($\beta_0 = -0,0369$ y $\beta_1 = 0,117$) y primíparas ($\beta_0 = -0,114$ y $\beta_1 = 0,089$) conforme aumentó la ganancia de peso de los lechones hasta el 15^{vo} d de lactancia. En multíparas el CA d^{-1} máximo al 15^{vo} fue de 4,0 kg y de 3,6 kg para primíparas (FIG. 4).

FIGURA 4

En la FIG. 4, se puede observar que a partir del 15^{vo} día de lactancia el CA d^{-1} de las cerdas decrece; tanto en cerdas primíparas como para multíparas. No obstante, el peso de los lechones continua aumentando, debido principalmente a la suplementación de los lechones con alimento comercial a partir de 7^{mo} d de lactancia, lo que potencializó su desarrollo. Este incremento del peso del lechón y el descenso del CA d^{-1} de las cerdas a partir del 15^{vo} d de lactancia coincide con Capdevila [5], quien determinó que, el peso del lechón incrementa cuando en la FL recibe alimento sólido, tal como los pre-iniciadores.

Con respecto a la interacción etapas de lactancia*TC, ésta afectó ($P < 0,001$) el CA d^{-1} de las cerdas (FIG. 5). Resultado que concuerda con Capdevila [6], quien determinó que es menor el CA d^{-1} , tanto para cerdas primerizas como para multíparas, durante la PSPP.

FIGURA 5

El menor CA d^{-1} fue en la etapa HFL o PSPP ($P < 0,05$): 2,6 kg para primíparas y 3,8 kg para multíparas (FIG. 5). Lo que concuerda con otras investigaciones [5, 7, 22, 23, 24, 30] donde se determinó que la HFL afecta en mayor grado a cerdas primíparas y obesas ($CC > 4$) al momento del parto, que a las multíparas con CC óptima (3 a 3,5 puntos). Por ello, las primíparas tienen una mayor PPC durante la lactancia ($> 12\%$) debido al balance energético negativo que tienen durante la PSPP. Puesto que, durante la HFL, el origen y desarrollo de la resistencia a la insulina en el último periodo de gestación y la PSPP, puede estar vinculado a hormonas placentarias [2], y la variabilidad de ésta resistencia entre cerdas (primíparas y multíparas) está determinada por la variación en la síntesis de dichas hormonas [15].

El CA d^{-1} , tanto en hembras primíparas como multíparas, aumenta progresivamente conforme transcurre la FL [6]. Aspecto que concuerda con los resultados encontrados en esta investigación (FIG. 6); en la PSPP, la diferencia en el CA d^{-1} promedio entre primíparas y multíparas fue de 1,200 kg, mientras que, en la segunda y tercer semana de la FL, la diferencia fue de 1,000 y 1,400 kg, respectivamente (FIG. 6).

FIGURA 6

El CA d^{-1} y el CAT se correlacionaron ($P < 0,001$) con la PPC ($r = 0,20$ y $0,40$, respectivamente). Al respecto, los estimadores de la regresión determinaron que, por cada kg menos de CA d^{-1} la PPC en primíparas será de 1,807 kg ($\beta_1=1,807$; $P < 0,001$) y en multíparas de 1,295 kg ($\beta_1=1,295$; $P < 0,001$) (FIG. 7).

FIGURA 7

La PPC de las cerdas, de acuerdo a la FIG. 7, disminuye conforme el CA d^{-1} se incrementa en ambos TC hasta el 15^{vo} d de lactancia, a partir de ahí, se incrementa la PPC. No obstante, las multíparas sufren mayor PPC de acuerdo con el CA d^{-1} . Posiblemente, el incremento de PPC a partir del 15^{vo} d de lactancia y la disminución del CA d^{-1} están relacionado con el inicio de la reactivación ovárica [22].

FIGURA 8

La PPC de las cerdas al finalizar la FL está en función de su edad, siendo las primíparas mayormente afectadas [18]. En el presente trabajo se encontró que, la mayor PPC ($P <$

0,05) -expresada en kilogramos- fue para las multíparas (14,1 kg). Sin embargo, al transformar los kg de PPC a porcentaje, las primíparas tuvieron mayor ($P < 0,05$) PPC con respecto a las multíparas: 12,9 y 11,4%, respectivamente (TABLA III).

TABLA III

Investigaciones previas [7, 18] establecen que, la PPC superior al 10%, afecta los indicadores productivos posteriores, como el incremento del IDE y del porcentaje de servicios repetidos, lo que se asocia a una reducción del tamaño de camada en el siguiente parto. Las cerdas con PPC y CC $< 2,5$ ovulan de 2 a 4 óvulos menos post-destete y tienen entre 10 y 20% menor supervivencia embrionaria con respecto a cerdas destetadas con menor PPC y una CC óptima (3 a 3,5) [12]. Sin embargo, son muchos los factores que se deben considerar para prevenir la PPC de las cerdas durante la FL, debido a que las líneas genéticas actuales han sido seleccionadas para mejorar ciertas características que repercuten en la PPC, como lo son: camadas más numerosas (>12 LD), lechones de mayor peso al destete y mayor producción láctea: >10 l d⁻¹ [18, 20].

Así mismo, una productividad eficiente de las cerdas se relaciona con un elevado CA d⁻¹ durante FL ($> 6,0$ kg d⁻¹), mismo que se refleja en la producción láctea, PPC, CC, IDE, fertilidad y prolificidad [6]. Al respecto de los indicadores reproductivos subsecuentes a la fase de lactación se encontró que tanto el CAT y la PPC de las cerdas afectaron ($P < 0,001$) de manera detrimental la presentación del IDE (FIGS. 8 y 9). Resultados que coinciden con otros investigadores [2, 18], quienes encontraron que el IDE está en función del CA y la PPC durante la FL.

FIGURA 9

Al analizar el efecto de CAT por categorías (bajo, medio y alto) y por TC sobre el IDE, se encontró que, el CAT bajo (61 a 75 kg) afectó ($P < 0,05$) en mayor medida a primíparas, al presentar un IDE superior a 7,0 d. Un CAT medio (91 a 114 kg) provocó que, el IDE fuera menor a 7,0 d para el caso de las multíparas y con CAT alto (120 a 131 kg) este tipo de cerdas presentó un IDE de 3,0 d (FIG. 9). Con relación a estos resultados, se ha encontrado que, un déficit en CA de las cerdas en la FL se relaciona con la concentración de factor de crecimiento insulínico (IGF) y los pulsos de LH [2] y

ésta relación origina: incremento del IDE, descenso en la tasa de ovulación y menor supervivencia embrionaria en el parto subsiguiente [6].

En relación a los resultados del efecto de la PPC sobre el IDE, se encontró un menor IDE (4,5 d) en multíparas con PPC entre 1,0 a 10 kg ($P < 0,05$), mientras que el mayor IDE (7,0 d) fue para primíparas con PCC mayor a 20 kg ($P < 0,05$) (FIG. 10). Un déficit en CA de las cerdas durante la FL incrementa la PPC al destete, sobre todo en primíparas; debido a la forma en que canalizan el alimento hacia mantenimiento, crecimiento y producción láctea [3, 14] y este déficit se relaciona con incremento del IDE [6].

FIGURA 10

La PPC está en función de la edad de la cerda, siendo mayor en primíparas que en multíparas [21]. Aspecto que se reflejó en la presentación del IDE: mayor IDE ($P < 0,05$) en primíparas (6,2 d) que en multíparas (5,3 d). El IDE es afectado por el CAT que hayan tenido las cerdas en la FL: a menor CA el IDE se incrementa [18]. Aspecto que se observó en la presente investigación: las primíparas tuvieron un CAT menor ($P < 0,05$): 82,2 kg vs 103,4 kg en multíparas. Se ha determinado que, el CA durante la lactancia afecta a PPC de las cerdas y sí ésta es mayor a 10%, la síntesis de hormonas y mediadores químicos esenciales para desencadenar el estro no es la adecuada y provoca incremento en el IDE [2]

CONCLUSIÓN

El consumo de alimento de las cerdas es afectado por el tipo de cerdas (primíparas y multíparas), etapa y semana de lactancia. El consumo de alimento, durante la primera semana post-parto es menor (4 kg) que en las semanas siguientes. No obstante, la reducción en el consumo de alimento, en la primera semana post-parto, es más drástico en las primíparas ($<3,0$ kg de alimento d^{-1}). Sin embargo, aun y cuando las cerdas primíparas y multíparas logran un mayor consumo de alimento al 15^{vo} d de lactancia, el bajo consumo de alimento durante la primera semana impacta negativamente el consumo de alimento total en la fase de lactación, aspecto que ocasiona pérdida de peso corporal en ambos tipos de cerdas; afectando a su vez, al intervalo destete-estro. No

obstante, este fenómeno es más drástico en cerdas primíparas. Aspectos estos que, afectaran la productividad de las cerdas dentro de los sistemas de producción porcina.

BIBLIOGRAFÍA

- [40] AHERNE, F. Eficiencia de las reproductoras. **3tres3 La página del cerdo**. España 2005. En línea: http://www.3tres3.com/los-expertos-opinan/eficiencia-de-la-reproduccion_1086/ 06/07/13.
- [41] BARBOUR LA, MCCURDY CE, HERNANDEZ TL, KIRWAN JP, CATALANO PM, FRIEDMAN JE. Cellular Mechanisms for Insulin Resistance in Normal Pregnancy and Gestational Diabetes. **Diabetes Care**. 30:S112–119. 2007
- [42] BAUCCELLS, A. F. La fibra en la nutrición de las cerdas. 2012. En línea: http://www.3tres3.com/alimentacion_cerda/la-fibra-en-la-nutricion-de-las-cerdas_30642/. 17/08/2013.
- [1] BELLO, O.R. Propuesta metodológica para el analisis de sistemas porcícolas intensivos (Tesis de grado) MSNH-FMVZ. Michoacán, Morelia.. México. Pp 63-72. 2000.
- [2] CAPDEVILA, P. J. Alimentación de cerdas lactantes I 2006a. **3tres3 La página del cerdo**. España 2006^a. En línea: <http://www.3tres3.com/9/08/2013>.
- [3] CAPDEVILA, P. J. Alimentación de cerdas lactantes II 2006b. **3tres3 La página del cerdo**. En línea: http://www.3tres3.com/alimentacion_cerda/alimentacion-de-cerdas-lactantes-ii_1669/. 17/08/2013.
- [4] CARRIOR, D.; MEDEL, P. Interacción nutrición reproducción en ganado porcino. **XVII Curso de Especialización FEDNA**. Madrid, 05/14-17. España. 27-70 pp. 2002.
- [5] FOMOS, J. Y CERISUELO, A. Alimentación en cerdas. **Ediporc**. (120): 28-33. 2008.
- [6] FUENTES, C.M.P.G. Características reproductivas de la cerda. Influencia de algunos factores ambientales y nutricionales. **REDVET**. VII(1): 1-36. 2006.
- [7] ILLÁN, S. Comportamiento alimentario de las cerdas lactantes en condiciones de altas temperaturas. 2008. **3tres3 La página del cerdo**. En línea: http://www.3tres3.com/nutricion/comportamiento-alimentario-de-cerdas-lactantes-bajo-altas-temperaturas_2184/. 30/08/2013.

- [8] INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI). Anuario Estadístico del Estado de Michoacán. Ed. 2009-2010. Pp 127-142. 2010.
- [9] KEMP, B.; WINTJES, J.G.M.; VAN LEEUWEN, J.J.J.; HOVING, L.L.; SOEDE, N.M. Nutrition and management during lactation: effects on feature parity productivity. **Wageningen University, Dep. of Anim Sci.** 85-97 pp. 2011.
- [10] LABALA, J; SÁNCHEZ, M. ESTEVES, A. Alimentación de la hembra en la etapa de lactancia. **Vº Congreso de Producción Porcina del Mercosur**, Río Cuarto. 18/05/2006. 31-34 pp. 2006.
- [11] 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.
- [12] MOSNIER, E.; LE FLOC'H, N.; ETIENNE, M.; RAMAEKERS, P.; SÈVE, B.; PÈRE, M.C. Reduced feed intake of lactating primiparous sows is associated with increased insulin resistance during the peripartum period and is not modified through supplementation with dietary tryptophan **J Anim Sci** 88:612-625. 2010.
- [13] 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. 2004.
- [14] MURILLO, G.; HERRADORA, L. M. A. Y MARTÍNEZ, G. R. Relación entre la pérdida de grasa de cerdas lactantes con el consumo de alimento, tamaño de la camada, peso d lechones al destete y días de lactancia. **Rev. Cientif. FCV-LUZ** XVII (4):380-385. 2007.
- [15] NEILL. C., WILLIAMS. N.C. **London swinw conference-focus on the feature.** March 31 – April 01. 23-32 pp. 2010.
- [16] NEILL. C., WILLIAMS. N.C. Producción de leche y necesidades alimenticias en cerdas (I). 2011. **3tres3 La página del cerdo.** En línea: http://www.3tres3.com/nutricion/produccion-de-leche-y-necesidades-alimentarias-en-cerdas-i_3_284/. 14/08/2013.
- [17] PALOMO, Y. A. Nutrición aplicada en las cerdas lactantes. **Anaporc.** (84):28-30. 2011.
- [18] PATULLO, H. Influencia de la alimentación en la productividad de la cerda. En línea: **Porcicultura.com.** México 2011. http://www.porcicultura.com/porcicultura/home/articulos_int.asp?cve_art=769. 10-06-13.

- [19] PÉRE. M.C.; ETIENNE, M. Insulin sensitivity during pregnancy, lactation, and postweaning in primiparous gilts. **J Anim Sci.** 85(1):101-10. 2007.
- [20] QUESNEL, H.; ETIENNE, M.; PÈRE, M.C. Influence of litter size on metabolic status and reproductive axis in primiparous sows. **J Anim Sci.** 85(1):118-28. 2007.
- [21] 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.
- [22] STALDER KJ, LACY RC, FITZGERALD RF; NIKKILA RT, JHONSON AK, KARRIKER LA. 2011. La perspectiva española sobre la longevidad de la cerda. Department of Animal Sci., Iowa State University Ames. **Anaporc** Diciembre 36-40. 2011.
- [23] STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE (SAS) Guide for personal computers. Version 8. 2000.
- [24] STEPHANO, A. Situación de la porcicultura mexicana. 2012. **Porcicultura.com.** México. En línea: http://www.ganaderia.com.mx/porcicultura/home/articulos.asp?cve_autor=1068#. 15/12/2012.
- [25] TOPIGS. Recomendaciones alimentación cerdas TOPIGS. 2010. En línea: <http://www.grupogoncalves.com.ve/publicaciones/MalimentaCerdasTOPIGS.PDF>. 23/07/2013.
- [26] TROLLIET, J.C. “Productividad Numérica de la Cerda: Factores y componentes que la afectan”. 2005. En Línea. <http://www.produccion-animal.com.ar>. 26-07-2012.
- [27] VAN DER PEET-SCHWERING, C. M. C.; KEMP, B.; BINNENDIJK, G. P.; DEN HARTOG, L. A.; SPOOLDER, H. A. M.; A. VERSTEGEN, M. W. Performance of sows fed high levels of nonstarch polysaccharides during gestation and lactation over three parities. **J Anim Sci.** 81:2247-2258. 2003.

TABLA I

ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DEL ALIMENTO SUMINISTRADO A LAS CERDAS DURANTE LA FASE DE LACTANCIA

Contenido	Alimento Comercial*	Salvado de Trigo&
	Porcentaje	Porcentaje
Humedad	12,0	9,8
Cenizas	10,0	--
Fibra	6,0	42,8
Proteína Cruda	16,0	15,5
Grasa	5,5	4,5
E.L.N.	50,0	64,5

*= alimento en forma de pellet

&= Únicamente se suministró durante los primeros 3 d post-parto

TABLA II

COEFICIENTES DE CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE VARIABLES DE CONSUMO DE ALIMENTO Y VARIABLES REPRODUCTIVAS Y PRODUCTIVAS

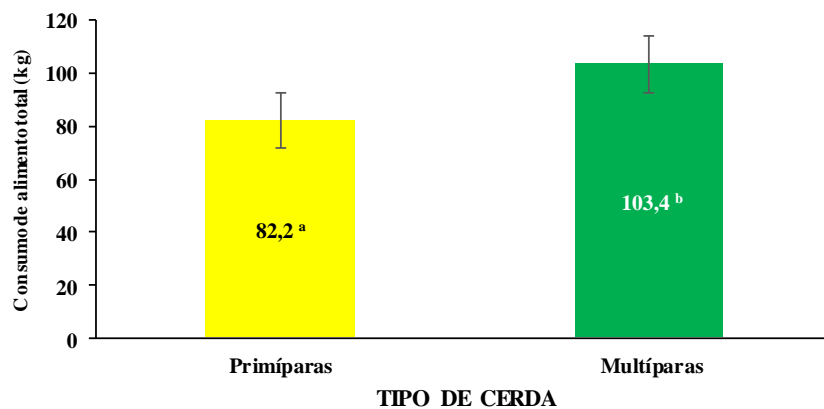
	TC	PEM	DL	LLS	PCS	LD	PLD	PSM	PPC	IDE
CA	0,19**	0,12*	0,12*	0,09 ^{NS}	0,47**	0,11*	0,22**	0,20**	0,20**	-0,32**
CAT	0,36**	0,24**	0,39**	0,25**	0,28**	0,25**	0,47**	0,40**	0,40**	-0,56**

CA= consumo diario de alimento; CAT= consumo de alimento total en la fase de lactación; TC= tipo de cerda: primíparas, multíparas; PEM= peso de la cerda al entrar a maternidad; DL; días de lactancia; LLS= lechones lactantes/semana; PCS= peso camada/semana; LD= lechones destetados; PLD= peso promedio de lechón destetado; PSM= peso de la cerda al salir de maternidad; PPC= pérdida de peso corporal de la cerda durante la lactancia e IDE= intervalo destete-estro.

*Significativo (P < 0,05)

** Altamente significativo (P < 0,001)

^{NS} No significativo



^{a, b} Literales diferentes indican diferencia estadística (P < 0,001)

FIGURA 1. MEDIAS DE MÍNIMOS CUADRADOS PARA EL CONSUMO TOTAL DE ALIMENTO DE LAS CERDAS EN LA FASE DE LACTACIÓN DE ACUERDO A SU EDAD

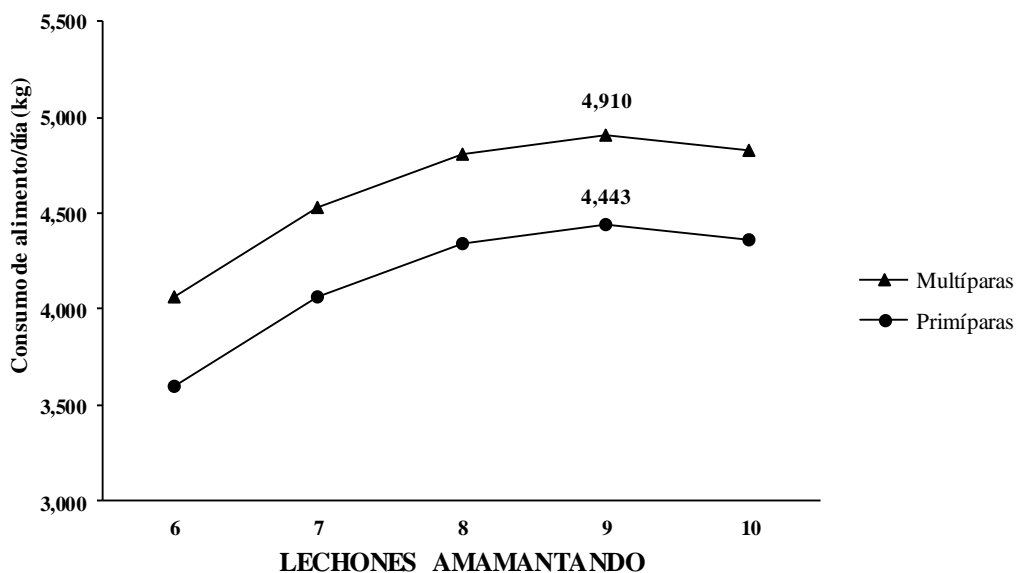


FIGURA 2. CONSUMO DE ALIMENTO PROMEDIO d⁻¹ CERDA⁻¹ DE ACUERDO AL NÚMERO DE LECHONES AMAMANTADOS

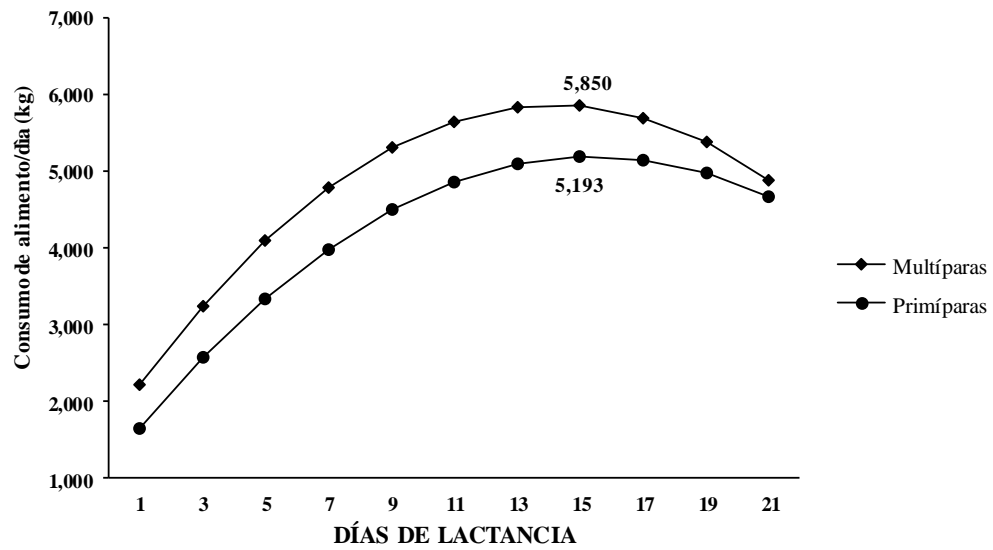


FIGURA 3. CONSUMO DE ALIMENTO PROMEDIO D⁻¹ CERDA⁻¹ DE ACUERDO AL DÍA DE LACTACIÓN

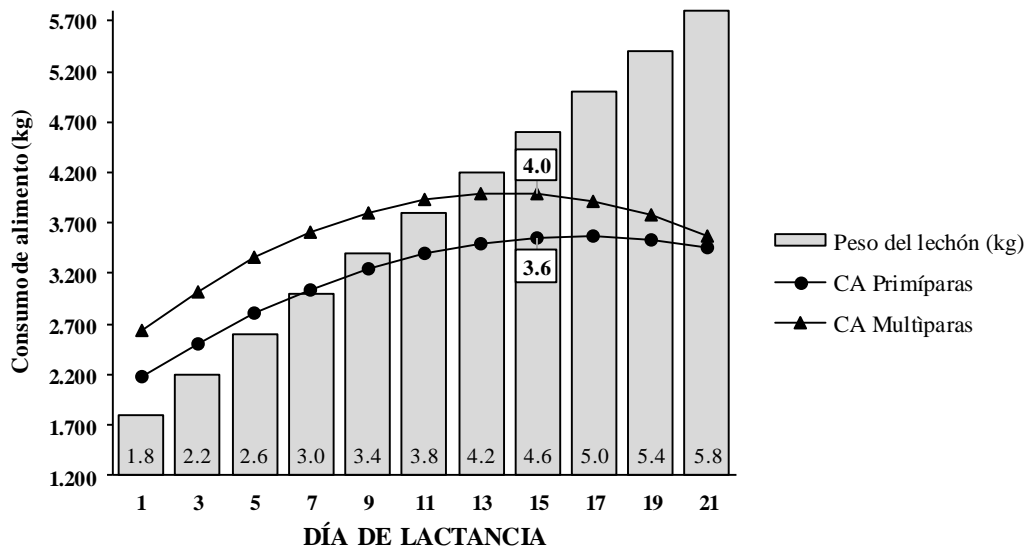
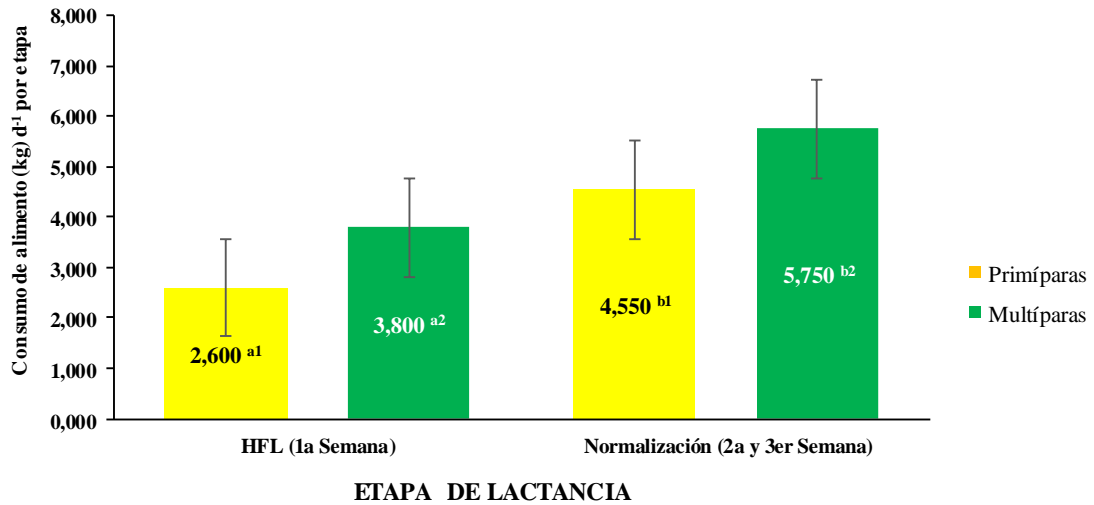
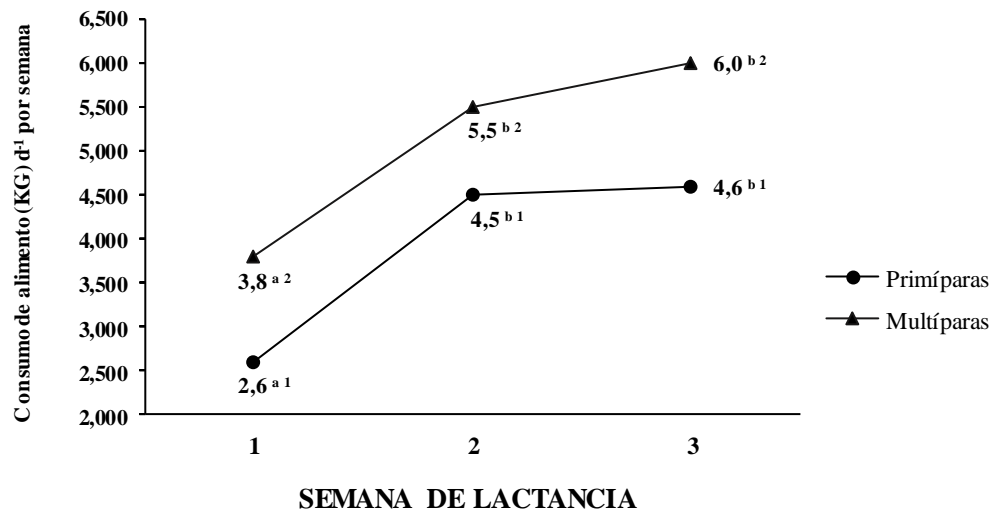


FIGURA 4. CONSUMO DE ALIMENTO PROMEDIO d⁻¹ CERDA⁻¹ DE ACUERDO AL PESO DE LECHÓN Y DÍA DE LACTANCIA



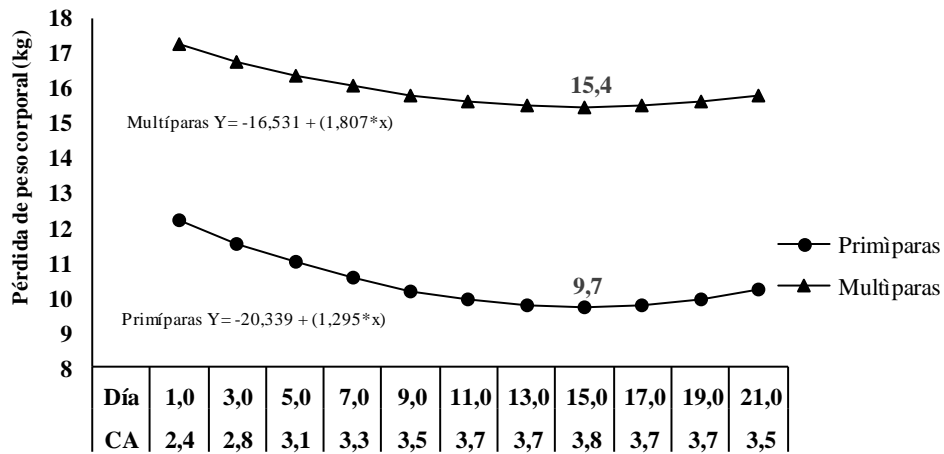
^{a, b} Literales diferentes indican diferencia estadística dentro de etapa y tipo de cerda ($P < 0,05$)
^{1, 2} Numerales diferentes indican diferencia estadística entre etapa/ tipo de cerdas ($P < 0,05$)

FIGURA 5. MEDIAS DE MÍNIMOS CUADRADOS PARA EL CONSUMO DE ALIMENTO DE LAS CERDAS DE ACUERDO A LA INTERACCIÓN TC*ETAPA DE LACTANCIA



^{a, b} literales diferentes indican diferencia estadística entre semana ($P < 0,05$)
^{1, 2} numerales diferentes indican diferencia estadística entre cerdas ($P < 0,05$)

FIGURA 6. MEDIAS DE MÍNIMOS CUADRADOS PARA EL CONSUMO DE ALIMENTO DE LAS CERDAS DE ACUERDO A LA INTERACCIÓN TC*SEMANA DE LACTANCIA



DÍA DE LACTANCIA Y CONSUMO DE ALIMENTO (CA) d⁻¹

FIGURA 7. PREDICCIÓN DE LA PÉRDIDA DE PESO CORPORAL DE LAS CERDAS DE ACUERDO AL CONSUMO DE ALIMENTO Y DÍA DE LACTANCIA

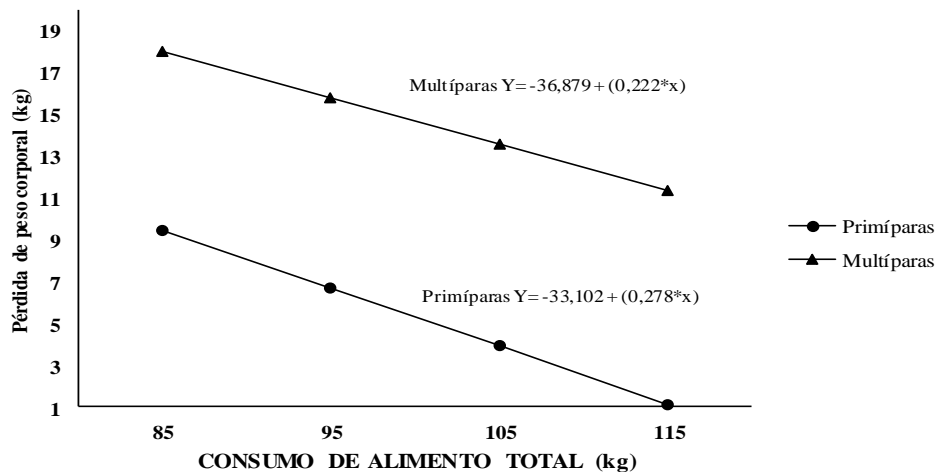
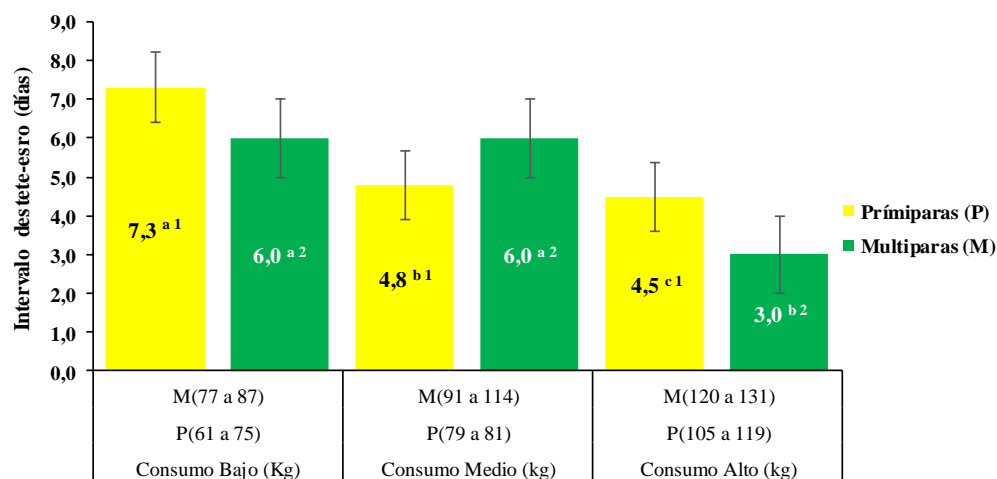


FIGURA 8. PREDICCIÓN DE LA PÉRDIDA DE PESO CORPORAL DE LAS CERDAS DE ACUERDO AL CONSUMO TOTAL DE ALIMENTO EN LA FASE DE LACTANCIA

TABLA III
MEDIA DE MÍNIMOS CUADRADOS PARA LA PÉRDIDA DE PESO CORPORAL DE LAS CERDAS DE ACUERDO A SU EDAD

	Tipo de cerdas			
	Primerizas	E.E.	Múltiparas	E.E.
Peso pre-parto	156,6 ^a	1,26	238,3 ^b	1,26
Peso destete	145,5 ^a	0,94	224,2 ^b	0,94
Pérdida de peso corporal (kg)	11,0 ^a	0,42	141 ^b	0,42
Pérdida de peso corporal (%)	12,9 ^a	0,50	11,4 ^b	0,50

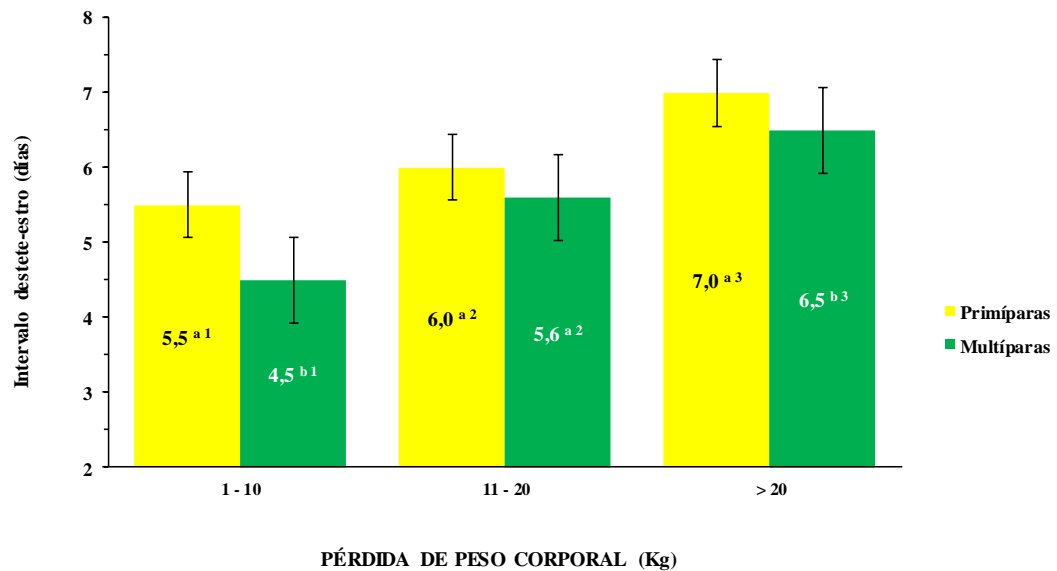
^{a, b} Literales diferentes indican diferencia estadística dentro de fila (P < 0,05)



CLASIFICACIÓN DEL CONSUMO DE ALIMENTO TOTAL

^{a, b, c} Literales diferentes indican estadísticas (P < 0,05) entre tipos de consumo dentro de tipo de cerda
^{1, 2} Numerales diferentes indican (P < 0,05) entre tipo de cerda dentro de tipo de consumo

FIGURA 9. MEDIAS DE MÍNIMOS CUADRADOS PARA EL INTERVALO DESTETE-ESTRO DE ACUERDO A LA CLASIFICACIÓN DEL CONSUMO TOTAL DE ALIMENTO EN LA FASE DE LACTANCIA Y AL TIPO DE CERDA



^{a, b} Literales diferentes indican diferencia estadística entre tipo de cerda ($P < 0,05$)
^{1, 2} Numerales diferentes indican diferencia estadística entre pérdida de peso corporal ($P < 0,05$)

FIGURA 10. MEDIAS DE MÍNIMOS CUADRADOS PARA EL INTERVALO DESTETE-ESTRO DE ACUERDO A LA PÉRDIDA DE PESO CORPORAL Y TIPO DE CERDAS

ARTICULO III

*El talento es algo bastante vulgar. No escasea
la inteligencia, sino la constancia...*

Doris Lessing

EVALUACIÓN PRODUCTIVA Y ANÁLISIS ECONÓMICO DEL ESQUEMA DE PRODUCCION PORCINA: 1^{ER} PARTO-ELIMINACIÓN DE CERDAS

EVALUATION PRODUCTIVE AND ECONOMIC ANALYSIS THE PORCINE PRODUCTION SCHEME 1ST PARITY-ELIMINATION OF SOWS

Ordaz-Ochoa Gerardo^{1*}, Juárez-Caratachea Aureliano¹, García-Valladares Antonio², Pérez-Sánchez Rosa Elena³ y Ortiz-Rodríguez Ruy²

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. ajuarez1952@hotmail.com

RESUMEN

El objetivo fue determinar la productividad, costos de producción y rentabilidad del esquema de producción porcina: 1^{er} parto-eliminación (EPE) de cerdas (100% de desecho) vs eliminación convencional (EEC): 30% de desecho de cerdas. Para ello, se utilizaron 80 cerdas cruzadas (York x Landrace x Pietrain), divididas en dos grupos (G) o esquemas de eliminación (EEL): 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. El análisis económico se realizó bajo la metodología propuesta por Ruco y Muñoz [37], modificada por Bobadilla *et al.* [5]. Se encontró que, el tamaño de camada (TC) promedio/cerda en EPE (9,8 lechones) y EEC (10,4 lechones) fue igual ($P > 0,05$). Los lechones destetados (LD) promedio/cerda fue igual ($P > 0,05$) 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 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 redituable que el EEC debido a menores costos de producción por LD y mayor ganancia por lechón vendido.

Palabras clave: Productividad, Reemplazo, Lechones, Costos, Rentabilidad.

ABSTRACT

The objective was determine the productivity, production costs and profitability of 1st parity - elimination scheme (EPE) of the sows (100 % elimination) vs conventional elimination (EEC): 30 % elimination of sows. For this, were used 80 hybrid sows (Landrace x York x Pietrain), divided into two groups (G) or elimination schemes (EEL): 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. The economic analysis was conducted under the methodology proposed by Ruco and Munoz [37] as amended by Bobadilla *et al.* [5]. 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: DNP 9.9 and 39.0, respectively. The economic analysis determined that the cost of production by LD in EPE was \$ 33.11 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 than the EEC due to lower production costs by LD and higher profit for piglet sold.

Keywords: Productivity, Replacement, Piglets, Costs, Profitability.

INTRODUCCIÓN

La sustentabilidad de los sistemas de producción pecuaria está determinada 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 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 fuertemente protegidos a las importaciones [27].

Ante la problemática descrita en el párrafo anterior, el conocimiento y análisis de los indicadores reproductivos, económicos, sociales y ambientales de 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 la 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]. El incremento del IDE y PSR se asocia con el incremento de los días (d) no productivos (DNP) y la disminución en el: número de nacidos vivos (NV) por camada (< 12 lechones), número de lechones destetados (LD) por camada (< 10 lechones) y el número de partos/cerda/año (PCA) [1, 20]. Este fenómeno se presenta en mayor grado en cerdas de 1^{er} y 2^{do} parto (primíparas) y éstas, contribuyen con el incremento de la eliminación forzada de cerdas por problemas reproductivos [19, 26]. Factores estos que, repercuten negativamente en los costos de producción de los SPP [1].

El incremento del IDE (> 7 d) es asociado a cerdas primíparas, debido a que sufren mayor remoción de reservas energéticas y pérdida de condición corporal (CC) [18]. Sin embargo, el control y manipulación de la CC en las primíparas se complica bajo condiciones de campo; aun y cuando, se ha establecido que una estructura de piara en equilibrio (15% de primíparas, 70% de multíparas y 15% de cerdas viejas) permitirá aminorar la menor productividad de las cerdas primíparas y viejas [25]. No obstante, la dinámica de los SPP actuales (enfermedades y fallas reproductivas principalmente) afecta el porcentaje de remplazo (> 40 %) y ello contribuye con el desequilibrio de: la estructura de partos de la piara [34], la eficiencia productiva y económica del propio sistema [4, 24, 35]. Puesto que, el porcentaje de hembras de desecho no necesariamente responde a aspectos de longevidad de las cerdas (hembras viejas con más de seis partos),

pues en el desecho, un porcentaje considerable (> 30%) pertenece a hembras jóvenes de 1^{er} a 3^{er} parto [39]. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue determinar la productividad, costos de producción y rentabilidad del esquema de producción 1^{er} parto-eliminación de cerdas (100% de desecho) vs eliminación convencional (30% de desecho de cerdas).

MATERIAL Y METODOS

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 cruzadas (York x Landrace x Pietrain), divididas en dos G o EEL: G1 (n=17) se utilizó una tasa de eliminación del 100% -esquema 1^{er} parto-eliminación (EPE), evaluándose el comportamiento reproductivo, productivo y económico de 44 partos. En el G2 (n=17) se utilizó la tasa de desecho del 30% -esquema de eliminación convencional (EEC)-, lo que determinó la evaluación de 65 partos; ambos grupos fueron monitoreados durante un periodo de 24 meses y sometidos a las mismas prácticas zootécnicas.

En ambos grupos se evaluó: tamaño de camada (TC), NV, LD, IDE, PSR y DNP. En G1, se evaluaron cerdas de 1^{er} parto y en G2, se evaluaron cerdas de 1^{er} a 5^{to} parto. Con la información recabada, se construyó una base de datos para su análisis estadístico mediante el método de los Modelos Lineales Generalizados (GLM, siglas en inglés) [41] bajos el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + EEL_i + NP_j + (ER*NP)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Variable respuesta: TC, NV, LD, IDE, PSR y DNP.

μ = Constante que caracteriza la población.

EEL_i = Efectos fijos del i -ésimo esquema de eliminación, con i = EPE y EEC.

NP_j = Efecto fijo del j -ésimo número de parto, con j = 1^{er}, 2^{do}, 3^{er}, 4^{to} y 5^{to}.

(EEL*NP) = Efecto fijo de la interacción del i -ésimo esquema de eliminación con el j -ésimo número de parto.

ϵ_{ijk} = Efecto aleatorio asociado a cada observación (\sim NID=0, σ^2_ϵ)

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], modificada por Bobadilla *et al.* [5], bajo la siguiente 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 cerdas 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:

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

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

$$I_z = C_z$$

I_z = Ingreso por el precio del lechón

$$C_z = F + V_z$$

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:

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

Donde:

B_t: Beneficios en cada periodo del proyecto; C_t: 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 interacción número de parto*esquema de eliminación 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), porque este determina directamente el porcentaje de reemplazo de las cerdas, la movilidad de la estructura de partos de la piara reproductiva y la eficiencia en reproducción y producción del conjunto de hembras propias del sistema.

TABLA I

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, respectivamente (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 interacción número de parto (NP)*EEL sobre: TC, NV, LD y DNP, es posible que éste efecto se relacionó más con EEC, debido a que en éste esquema se evaluaron a cerdas de 1^{er} al 5^o parto (TABLA II), debido a que la productividad de un SPP está en función del NP de las cerdas [12, 13, 40, 43].

TABLA II

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, DNP fue de 9,9 d en EPE. Mientras que DNP fue de 29,8 a 32,8 d en EEC, producto del IDE y de los días de retorno a estro de cerdas repetidoras de diferentes partos (1^{er} a 5^{to} 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 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). 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. Pérez [33] estableció que en la cerda se han descubierto concentraciones sumamente altas de PR un día antes del parto. Este aumento es un requisito previo esencial para una lactación normal. 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. Eissen *et al.* [9], evidenciaron 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 ello, 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]. No obstante, en cerdas de más de 5 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, 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 encontrados 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 observaron pérdida de peso corporal, lo que pudiera explicar porque 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%, mismo que fue estadísticamente igual ($P > 0,05$) a los porcentajes –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 propicio mayor número de LD/año (LDA) (TABLA III).

TABLA III

Con respecto a los resultados consignados 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 incremento de PA en EPE produjo un aumento LDA: 380,1 lechones *vs* 324,9 lechones en EEC (TABLA III). El PA está en función del ritmo reproductivo dentro de cada SPP (duración de la lactancia, IDE, PSR, tasa de reemplazo, entre otros), siendo la tasa de reemplazos primordial para ser analizada, puesto que de ella depende el porcentaje de cerdas primíparas y multíparas dentro del sistema -a mayor número de cerdas primíparas se produce un desfase productivo por efecto del aumento en el IDE y PSR- en los SPP convencionales [7, 43]. Por ello, la productividad de un SPP se basa en su tasa de reemplazo [1].

En lo referente a los costos de producción, obtenidos en la investigación para 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].

TABLA IV

En base a la TABLA IV, se puede observar que, la amortización para el EPE fue de \$29,83 USD *vs* \$0,93 USD para el EEC, esta diferencia se basa en el activo fijo tangible (cerda), el cual presentó variación en su vida útil dentro de cada EEL analizado, siendo menor en EPE. Con respecto a la amortización del semental no hubo variación puesto que su valor inicial fue el mismo para ambos sistemas de eliminación (\$451,1 USD) así como su vida útil (3 años).

En cualquier actividad pecuaria, el insumo más importante para la producción, así como el que ocupa el mayor egreso económico, es el alimento. Con respecto a esta característica se encontró que el costo de alimentación para cada EEL analizado fue de: 83,3% (\$7.529,77 USD) para el EPE y 84,25% (\$6.847,00 USD) para el EEC. Resultados que concuerdan con investigaciones previa [5, 15, 23] que reportaron costos de alimentación entre el 65 y 95%. El costo de oportunidad que se le 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]; el cual se debe considerar en función del interés medio de lo que pagan una entidad crediticia y la inflación correspondiente al año del ejercicio [11].

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

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 [8].

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 (1,5 %). 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 segundo y tercer 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 y a que por cada dólar invertido en este sistema la ganancia fue de 25¢ USD.

BIBLIOGRAFIA

- [1] ANDRÉS, M.A.; APARICIO, A.M.; PIÑEIRO, A. Intervalo Destete-Cubricion: qué le influye y cómo podemos controlarlo. **3tres3 La página del cerdo**. España 2008. En línea: http://www.3tres3.com/datos_productivos/intervalo-destete-cubricion-que-le-influye-y-como-podemos-controlarlo_2174/. 11-12-12.
- [2] Banco de México (BM). México 2013. En Línea: <http://www.banxico.org.mx/portal-mercado-cambiarior/> 21-10-2013.
- [3] BELLO, O.R. Propuesta metodológica para el analisis de sistemas porcícolas intensivos (Tesis de grado) MSNH-FMVZ. Michoacán, Morelia.. México. 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)**. Pp. 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. Madrid, España. **XVII Curso de Especialización FEDNA**. Pp 27-70. 05/14-17. 2002.
- [8] DE CARO, A. 2004. Efecto de los factores técnico económicos sobre el resultado de la empresa porcina. **Avances Tec. Porcina** 1: 53-60.
- [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*) in sea cages. **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 caseta 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 Reproduccion 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. y Cienc.** 24: 117-124. 2008.
- [16] HERVÍAS, L.M; AYLLÓN, A. Análisis y control de los días no productivos. **3tres3 La página del cerdo.** España 2004. En línea: http://www.3tres3.com/datos_productivos/analisis-y-control-de-los-dias-no-productivos_1045/. 05-06-113.
- [17] Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (**INEGI**). Anuario Estadístico del Estado de Michoacán. Ed. 2009-2010. 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. Cient. Uni. Zulia, 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). Pp 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). Pp. 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. De Zool.** 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 12° Congreso Nacional de Investigación Socioeconómica y Ambiental de la Producción Pecuaria. Morelia, Michoacán, México. CD. 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.** (R. Romero, Salomon J. y De Devanzi; Edits). Maracay, Venezuela. Pp 219-244. 08/23-26. 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. (Tesis de grado) UMSNH-FMVZ. Michoacán, Morelia. México. 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. Cient. FCV-LUZ** (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. En línea: **Porcicultura.com.** México 2011. http://www.porcicultura.com/porcicultura/home/articulos_int.asp?cve_art=769. 10-06-113.
- [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 genéticos que determinan los intervalos destete-estro y destete-servicio en cerdas con lactaciones cortas. (Tesis de grado). UMSNH-FMVZ. Michoacán, Morelia. México. Pp 15-23. 2007.
- [34] PINILLA, C.J. Manejo de la estructura de partos y procedimientos de eliminación selectiva. **InfoPIC.** 10: 1-8. 2013.

- [35] PIÑEIRO, C; APARICIO, A.M. En enemigo en casa: el control de las cerdas hipoproductivas. En línea: **3tres3 La pagina del cerdo**. España 2007. 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 p. 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 (SAS) Guide for personal computers. Version 8. Institute In Compani. Cary electronic version available on CD. 2000.
- [42] STEPHANO, A. Situación de la porcicultura mexicana. En línea: **Porcicultura.com.** México. 2012. http://www.ganaderia.com.mx/porcicultura/home/articulos.asp?cve_autor=1068#. 15-12-12.
- [43] TROLLIET, J.C. “Productividad Numérica de la Cerda: Factores y componentes que la afectan”. En Línea: 2005. <http://www.produccion-animal.com.ar> 26-07-2012.

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 ^a	1,39	10,4 ^a	0,42
NV	9,5 ^a	0,45	10,0 ^a	0,39
LD	8,6 ^a	0,44	9,1 ^a	0,38
IDE	--	--	7,1 ^a	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

TABLA II

MEDIAS DE MÍNIMOS CUADRADOS PARA LOS INDICADORES REPRODUCTIVOS Y PRODUCTIVOS DE LAS CERDAS DE ACUERDO A LA INTERACCIÓN ESQUEMA DE ELIMINACIÓN*NÚMERO DE PARTO

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

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 -Fuente: Banco de México [2]-

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 -Fuente: Banco de México [2]-

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]-

ARTÍCULO IV

*“Empieza de una vez a ser quien eres, en vez de
calcular quién serás”*

Franz Kafka

ANÁLISIS Y SIMULACION ECONOMICA DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN PORCINA CON ESQUEMA DE 1^{ER} PARTO-ELIMINACIÓN
ANALYSIS AND ECONOMIC SIMULATION OF A SWINE PRODUCTION SYSTEM WITH A 1ST PARTITY-ELIMINATION SCHEME

Ordaz-Ochoa Gerardo^{1*}, Juárez-Caratachea Aaureliano¹, García-Valladares Antonio², Pérez-Sánchez Rosa Elena³ y Ortiz-Rodríguez Ruy²

*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.
ajuarez1952@hotmail.com*

RESUMEN

El objetivo fue desarrollar la simulación económica de dos políticas de remplazo: parto-eliminación -100% de reemplazo- (EPE) y convencional -30% de reemplazo- (EEC). Se utilizó la información de un sistema de producción porcina (SPP) con cerdas de genotipo híbrido (York x Landrace x Pietrain). El cual se dividió en grupos (G): G1 (n=39) con EPE y G2 (n=54) con EEC. Para evaluar tamaño de camada (TC), lechones nacidos vivos (NV), lechones destetados (LD), intervalo destete-estro (IDE), porcentaje de servicios repetidos (PSR), días no productivos (DNP) e ingresos económicos por venta de la cerda y su camada. La información de las variables biológicas se analizó mediante modelos lineales generalizados, con mediciones repetidas. Los resultados sirvieron como base para la simulación económica de dos sistema con un inventario de 200 hembras en la piara reproductiva/sistema y con políticas de remplazo de 100% (EPE) y 30% (EEC). La simulación económica determinó que, el costo de reemplazo/anual fue de 43.312,50 y 10.467,19 USD/año, para EPE y EEC, respectivamente. Los ingresos/LD fueron de 177.300,50 y 125.130,00 USD/año, para EPE y EEC, respectivamente. El ingreso bruto anual fue de 23.895,00 USD en EPE y 9.971,00 UDE en EEC, con diferencia de 13.923,23 USD/año a favor del EPE. Por lo tanto, la simulación permitió establecer que, el EPE mejora la eficiencia productiva del sistema e incrementa la eficiencia económica. Aunque si bien en este esquema se pierde el concepto de longevidad y el potencial biológico de cerda desechada se gana en producción constante y sustentabilidad del sistema.

Palabras clave: Cerda, longevidad, rentabilidad, costos de producción.

ABSTRACT

The objective was to develop economic simulation two replacement policies: parity-elimination -100% replacement- (EPE) and conventional -30% replacement - (EEC). Was used Information from a pig production system (PPS) with hybrid genotype sows (Landrace x York x Pietrain). Which was divided into groups (G): G1 (n= 39) with EPE and G2 (n= 54) with EEC. For evaluating litter size (TC), piglets born alive (NV), weaned pigs (LD), weaning-estrus interval (IDE), percentage of repeated services (PSR), non-productive days (NPD) and economic income from sale of the sow and her litter. The information of biological variables were analyzed using generalized linear models with repeated measures. The results served as the basis for the economic simulation of two systems with an inventory of 200 females in herd reproductive/system and replacement policy of 100% (EPE) and 30% (EEC). The economic simulation determined that the replacement cost/year was 43,312.50 USD and \$ 10,467.19 USD/year for EPE and EEC, respectively. The income/LD were 177,300.50 USD and \$ 125,130.00 USD/year for EPE and EEC, respectively. The income gross annual was \$ 23,895.00 USD in EPE and 9,971.00 USD in EEC, with a difference of \$ 13,923.23 USD/year in favor of EPE. Therefore, the simulation allowed to establish that, the EPE improves production efficiency and increases system economic efficiency. Although while this scheme is lost the concept of longevity and biological potential of discarded sow is gained in constant production and sustainability of the system.

Keywords: Sow, longevity, profitability, production costs.

INTRODUCCIÓN

La correcta gestión de las cerdas que integran un sistema de producción porcina (SPP) es fundamental para mantener un flujo de producción constante a lo largo del tiempo [19]; puesto que, uno de los principales problemas que originan el desfase productivo de los SPP está determinado por las políticas de remplazo de las cerdas. Política que está determinada por la productividad de las cerdas [18]. Es decir, la cantidad de cerdas de reemplazo está determinada: primeramente por improductividad individual y segundo, la improductividad colectiva o del conjunto de cerdas que integran la piara reproductiva. La principal causa de eliminación de las cerdas, es la edad –número de parto- de estas;

sin embargo, es frecuente que en la eliminación, la longevidad no ocupa el primer lugar, puesto que se ha establecido que las cerdas de 1^{er} y 2^{do} parto (primíparas) son las que con mayor frecuencia se eliminan por improductividad, siguiéndole las hembras de más de 6 partos [16]. Esta tendencia en la eliminación de cerdas, posiblemente sea la respuesta a la dificultad para mantener: 1) una estructura de partos que garantice el desempeño económico del sistema -15% de hembras primíparas, 70% multíparas y 15% de cerdas viejas- [12] y, 2) el porcentaje de reemplazos de manera constante: 30 % anual. Las evidencias señalan que, en la actualidad el porcentaje de reemplazos, debido a la propia dinámica de los sistemas y al desfase productivo, supera el 40 % [13, 14, 18].

Por ello, la diferencia productiva entre los ciclos productivos de las cerdas -en relación con la edad de estas- hace que la política de reemplazo impacte en la estructura poblacional y en el potencial productivo de todo el sistema (Morales, 2012). La decisión de eliminar a las cerdas en un ciclo determinado, afecta la productividad de lechones, la longevidad de animal y su periodo de amortización [11]. No obstante, esto no ocurre así, pues en la eliminación en ciclos tempranos también se justifica a través de la pérdida de lechones por incremento en las fallas reproductivas y por el aprovechamiento de la calidad de canal de cerdas jóvenes, como los son las de 1^{er} y 2^{do} parto [2]. Ante la disyuntiva de mantener políticas de desecho, y/o de reemplazo, que contribuyan con la solución del desfase productivo o con el mantenimiento de la estructura de partos, es necesario evaluar cualquier cambio en la política de manejo antes de su implementación en la realidad a través de medidas de desempeño que permitan considerar si resuelven el problema y para ello se cuenta con la metodología de los modelos de simulación, que permiten comparar y validar los resultados de las pruebas piloto [8, 9, 10]. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue desarrollar la simulación económica de dos políticas de reemplazo: parto-eliminación (100% de reemplazo) y convencional (30% de reemplazo).

MATERIAL Y METODOS

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, ubicada en el municipio de Tarímbaro, Michoacán, a la altura del km. 9.5 de la carretera Morelia-Zinapécuaro [7]. Para el desarrollo de la investigación se

utilizaron los datos productivos de 100 partos provenientes de cerdas híbridas (York x Landrace x Pietrain), relativas a dos esquemas de eliminación (EE): EE1 (n= 56 partos) con una tasa de reemplazo del 100% y EE2 (n= 45 partos) con tasa de reemplazo convencional (30%).

Las variables utilizadas para la simulación económica fueron: tamaño de camada (TC), nacidos vivos (NV), lechones destetados (LD), intervalo destete-estro (IDE), porcentaje de servicios repetidos (PSR) y días no productivos (DNP), así como, los ingresos por venta de las cerdas e ingreso por concepto de venta de los lechones producidos. Las variables utilizadas fueron analizadas, mediante el método de los Modelos Lineales Generalizados (GLM, siglas en inglés) [17]. La simulación económica se realizó a partir de la información recabada (variables reproductivas y productivas) en cada EE. Las diferencias entre EE se determinaron en base a los resultados de cada variable analizada y se consideró como valor económico la propia diferencia. El valor económico calculado se obtuvo mediante el modelo propuesto por Ruco y Muñoz [15], modificada por Bobadilla *et al.* [5]. En la simulación se consideró a un sistema de producción porcina con una piara reproductiva conformada por 200 hembras y con capacidad de 20 partos mensuales. El modelo utilizado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + ER_i + NP_j + (NP*ER)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Variable respuesta: TC, NV, LD, IDE, PSR y DNP.

μ = Constante que caracteriza la población.

ER_i = Efectos fijos del i -ésimo esquema de reemplazo, con i = Esquema parto eliminación (EPE) y convencional (EEC).

NP_j = Efecto fijo del j -ésimo número de parto, con $j = 1^{er}, 2^{do}, 3^{er}, 4^{to}$ y 5^{to} .

$(NP*ER)$ = Efecto fijo de la interacción del i -ésimo esquema de reemplazo con el j -ésimo número de parto.

ϵ_{ijk} = Efecto aleatorio asociado a cada observación ($\sim NID=0, \sigma^2_e$)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para poder establecer la simulación es necesario considerar o recopilar la información sobre las variables con mayor peso en la productividad de las cerdas, tanto en lo individual como en lo colectivo, para poder asumir que el escenario simulado se acerque en lo posible a la realidad [9]. De acuerdo con esto, no se encontró efecto ($P > 0,05$) del EE sobre TC, NV y LD. No obstante, se encontró efecto ($P < 0,001$) del EE sobre los DNP (TABLA I). Es decir, que cualquier esquema de eliminación (EPE y EEC) provee la misma productividad. Sin embargo, en relación a los DNP existieron diferencias debido a que el EEC contabiliza variables tales como IDE y PSR, lo que se contabiliza dentro de la variable DNP. Resultados que concuerdan con Aherne [5] quien estableció que los DNP se incrementan en aquellos sistemas con desfase en la estructura de partos, o en el incremento de cerdas primíparas, tratando de generar equilibrio en la producción; pero llevando consigo incremento en el inventario y en los costos de producción por concepto de alimentación durante los DNP de las cerdas.

TABLA I

De acuerdo con los indicadores consignados en la TABLA I, se puede observar diferencia ($P < 0.05$) entre EE en los DNP. Para EPE los DNP fue de 9,9 d, mientras que en el EEC los DNP fueron de 39,0 d. Hervias y Ayllon [5] determinaron que, por cada 10 días de incremento en el número los DNP existe un incremento de 2 a 2,5 % del inventario de la piara reproductiva para mantener una producción constante y los costos de producción estables. No obstante, se ha calculado que por cada DNP existe una pérdida de 3,97 USD mismos que se agregan a los costos de producción por cerda. Aun que con los DNP se muestra una superioridad del EPE con respecto al EEC, se encontró que las diferencias entre EE de acuerdo a las variables analizadas están dentro del orden de los 26,7 a 135,8 USD (TABLA II).

TABLA II

En los resultados de la simulación consignados en la TABLA II, se pueden observar que en el EPE las diferencia productiva medida en NV y LD fue de -0,5 en ambos indicadores. Es decir el EEC es más eficiente; puesto que éste déficit en EPE impacta negativamente los ingresos económicos promedio por parto en ambas variables (-20,67

USD). Sin embargo, este déficit, de acuerdo a la simulación, puede ser amortiguado y superado por la disminución en DNP (9,9 vs 39,0 DNP/ciclo, para EPE y EEC, respectivamente) lo que genera un incremento en el número de partos/año: 240 partos con 9,9 DNP/ciclo en EPE mientras que en EEC se obtienen 194 partos con 39,0 DNP/ciclo (TABLA II).

La disminución en DNP en el EPE (TABLA II) se debe a la simulación de eliminar a las cerdas a 1^{er} parto; puesto que al comercializarse la cerda, inmediatamente después del destete, disminuye la acumulación de los DNP, debido a que no se contabiliza el IDE y el PSR (TABLA II). Mientras que en el EEC el incremento de los DNP propicia un aumento de cerdas dentro de inventario del sistema para que éste, mantenga una producción constante. Este incremento en el inventario invariablemente genera mayor costo de producción [16]. Aherne [1] y Hervias y Ayllon [6] establecieron que, la cantidad de DNP aceptable se encuentra entre 14-24 días/ciclo reproductivo (33 y 53 días/año); conforme este indicador se incrementa se disminuye en número de partos/año y LD/año.

Considerando la diferencia de DNP entre los EE analizados (29,1 d) la simulación establece que se propician pérdidas económicas de alrededor de 109,49 USD/ciclo en el EEC, que para el caso del EPE tiene una ganancia de 109,49 USD/ciclo al mantener 9,9 DNP/ciclo. Esta ganancia en el EPE se incrementa considerando que los DNP generan menor cantidad de partos/año y en consecuencia menor número de LD/año. Al respecto la simulación determinó una pérdida de 273,16 USD/cerda/año en el EEC, por un menor número de partos/año; lo que equivale a una pérdida neta de 54,632.00 USD con un inventario de 200 hembras en la piara reproductiva, esto sin contar la pérdida por concepto de alimentación al incrementarse el inventario para equilibrar el desfase productivo provocado por el incremento del IDE y PSR mismos que se contabilizados en los DNP.

La simulación económica con los principales ingresos económicos de los EE evaluados (EPE y EEC), revelo que la fortaleza económica del EPE, no solo estriba en la disminución de los DNP y su consecuente aumento en el número de partos totales/año sino también, en los ingresos por la venta de las cerdas descartadas (TABLA III).

TABLA III

Por otra parte, aun y cuando la implementación del EPE incrementaría el número de cerdas eliminadas/año: 240 cerdas vs 58 cerdas en el EEC, dicho incremento impactaría de manera positiva los ingresos económicos totales del EPE hasta en un 39,2% más: 39,375.00 USD vs 10,467.19 USD en el EEC (TABLA III). Esta pérdida económica en EEC estaría en función del aumento en los DNP, debido a que las cerdas de 2^{do} a 5^{to} parto propician un aumento en este indicador al incrementarse el IDE y el PSR [2]. Aspectos que no se presentaron en el EPE pero si en el EEC.

CONCLUSIÓN

La simulación económica permitió determinar que el esquema 1^{er} parto-eliminación o esquema con el 100% de remplazos mejora la eficiencia económica de los sistemas, debido en esencia a la no contabilización de los DNP, generados por las fallas reproductivas asociadas a cerdas primíparas lo que genera en consecuencia un menor número de partos al año, menor número de lechones destetados al año e incremento en los costos de producción.

Aunque si bien con el esquema 1^{er} parto-eliminación se pierde la productividad expresada en la longevidad de las cerdas, y el potencial biológico de la cerda desechada al 1^{er} parto, se gana en producción constante y homogénea; en otras palabras se logra la sustentabilidad del sistema.

BIBLIOGRAFIA

- [1] AHERNE, F. Días no productivos (DNP) como indicador de eficiencia en las reproductoras. **3tres3 La página del cerdo**. España 2005. En línea: http://www.3tres3.com/los-expertos-opinan/dias-no-productivos-dnp-como-indicador-de-la-eficiencia-de-las-repro_1155/. 09-07-113.
- [2] ANDRÉS, M.A.; APARICIO, A.M.; PIÑEIRO, A. Intervalo Destete-Cubrición: qué le influye y cómo podemos controlarlo. **3tres3 La página del cerdo**. España 2008. En línea: http://www.3tres3.com/datos_productivos/intervalo-destete-cubricion-que-le-influye-y-como-podemos-controlarlo_2174/. 11-12-12.
- [3] Banco de México (BM). México 2013. En Línea: <http://www.banxico.org.mx/portal-mercado-cambiario/> 21-10-2013.

- [4] BASSO, L.R. Adelantar el primer parto de las cerdas. En línea: **Porcicultura.com**. México 2006. http://www.porcicultura.com/porcicultura/home/articulos_int.asp?cve_art=491. 10-06-13.
- [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] HERVÍAS, L.M; AYLLÓN, A. Análisis y control de los días no productivos. **3tres3 La página del cerdo**. España 2004. En línea: http://www.3tres3.com/datos_productivos/analisis-y-control-de-los-dias-no-productivos_1045/. 05-06-113.
- [7] Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (**INEGI**). Anuario Estadístico del Estado de Michoacán. Ed. 2009-2010. Pp 127-142. 2010.
- [8] KELTON, D; RANDALL, P.S; NANCY, B.S. Wht is simulation? En: **Simulation using ARENA**, McGraw Hill. New York. Pp 3-15. 2010.
- [9] LAW, L. Basic simulation modeling En: **Simulation Modeling and Analysis**. Ed. McGraw Hill, N. York. Pp 1-18. 2008.
- [10] MONTUFAR, A.M; BENÍTEZ, L.M; SERRATO, G.A.M; BRAÑA, V.D. Análisis y simulación de políticas de reemplazo en granjas de explotación porcina. **Rev. Inv. Operacional**. 34(2): 128-139.2013
- [11] MORALES, E. Estructura de hato reproductiva ideal? En línea: 2012. <http://www.apogua.org/charlas-reproduccion/Estructura-de-Hato-Reproductiva-Ideal.pdf>. 21/10/13.
- [12] 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. Michoacán, Morelia. (Tesis de grado). México. Pp 29-41. 2009.
- [13] PINILLA, C.J. Manejo de la estructura de partos y prosedimientos de eliminacion selectiva. **InfoPIC**. 10: 1-8. 2013.
- [14] PIÑEIRO, C; APARICIO, A.M. En enemigo en casa: el control de las cerdas hipoproductivas. **3tres3 La página del cerdo**. España 2007. En línea: http://www.3tres3.com/datos_productivos/el-enemigo-en-casa-el-control-de-las-cerdas-hipoproductivas_1917/. 10-06-13.
- [15] 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 p. 2006.

- [16] 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.
- [17] STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM (SAS) Guide for personal computers. Version 8. Institute In Compani. Cary electronic version available on CD. 2000.
- [18] TIRANTI, I.K. Uso de registros en la evaluacion de longevidad de las madres. **Vº Congreso de Producción Porcina del Mercosur.** Córdoba 22-24/05/06 Argentina. Sin pp. 2006.
- [19] TIRANTI, I.K; MORRISON, B.R. Mortalidad y descarte de cerdas; factores de riesgo. **Vº Congreso de Producción Porcina del Mercosur.** Córdoba 22-24/05/06 Argentina. Sin pp. 2006.

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 ^a	1,39	10,4 ^a	0,42
NV	9,5 ^a	0,45	10,0 ^a	0,39
LD	8,6 ^a	0,44	9,1 ^a	0,38
IDE	--	--	7,1 ^a	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

TABLA II

COMPARACIÓN Y DIFERENCIA ENTRE LOS ESQUEMAS: 1^{ER} PARTO-ELIMINACIÓN Y ELIMINACIÓN CONVENCIONAL

Indicador	EPE	EEC	Diferencia	\$*
IDE	--	7,1	+ 7,1	+ 26,70
PSR	--	13,8	+ 13,8	+ 135,84
DNP/ciclo	9,9	39,0	+ 29,1	+ 109,40
TC	9,8	10,4	- 0,6	- 24,81
NV	9,5	10,0	- 0,5	- 20,67
LD	8,6	9,1	- 0,5	- 20,67
NP totales/año	240	194	+ 46	--
LD/año	2.064	1.765	+ 299	+ 12.364,66

EPE = esquema parto-eliminación, EEC = esquema eliminación convencional, IDE = intervalo destete-estro, PSR = porcentaje de servicios repetidos post-parto, DNP = días no productivos, TC = tamaño de camada, NV = lechones nacidos vivos, LD = lechones destetados y NP= número de parto

* Dólares (EUA), tipo de cambio en México 1 dólar=13.30 pesos mexicanos [3]

TABLA III

**SIMULACIÓN ECONÓMICA DE LOS INGRESOS OBTENIDOS MEDIANTE
LA IMPLEMENTACIÓN DE DOS ESQUEMAS DE ELIMINACIÓN DE
CERDAS EN UN SPP CON CAPACIDAD DE 20 PARTOS/MES**

Rubro	EPE	EEC	Diferencia
Inventario de la piara reproductiva/anual (Cerdas)	240	194	46
Cerdas/descartadas/año	240	58	182
Costo de reemplazo ^{&}	180.47	180.47	---
Costo de reemplazo/sistema ^{&}	43,312.50	10,467.19	-32,845.31
Ingreso: cerdas ^{&}	39,375.00	13,956.25	25,418.75
Ingreso: lechones/sistema ^{*&}	177,300.50	125,130.00	52,170.00
Pérdida en DNP/sistema ^{&}	14,062.50	62,140.00	48,078.13
Total ^{**&}	159,300.00	66,478.44	92,821.56
85% costo fijos y alimentación ^{&}	135,405.00	56,506.67	78,898.33
Ingreso bruto anual ^{&}	23,895.00	9,971.77	13,923.23

*Producción de lechones anual

** Únicamente incluye ingresos/cerda + ingresos/lechones/sistema – costo de reemplazo y DNP

&= Dólares (EUA), tipo de cambio en México 1 dólar=13.30 pesos mexicanos [3]

DISCUSIÓN GENERAL

El desfase productivo en los SPP, por lo general, inicia en las fases inherentes a la reproducción del cerdo (servicio, gestación, parto y lactancia) y se propaga hacia la totalidad del sistema. Fenómeno que tiene su origen en estrategias ineficientes en el control y manipulación de los eventos biológicos presentes en el sistema (Ortiz *et al.*, 2004). Sin embargo, en esta investigación se pudo establecer que, es muy probable que además de las ineficiencias en el control y manipulación de los eventos reproductivos y productivos en los SPP, se encuentran factores que sustancialmente provocan el desfase productivo aun y cuando las estrategias empleadas en el control y manipulación de los eventos biológicos sean adecuados; estos factores están relacionados con la propia fisiología de la cerda(s) que, difícilmente se pueden controlar o manipular bajo condiciones comerciales.

De acuerdo con el párrafo anterior, la edad de las cerdas –medida en número de parto (NP)- podría ser el principal factor que desencadena o detona el desfase productivo dentro de los SPP¹; puesto que se ha demostrado que, cerdas de 1^{er}, 2^{do} y 6^{to} o más partos presentan una menor productividad (Malavé *et al.*, 2007; Bolado *et al.*, 2011). Así, la menor productividad de las cerdas menores a tres partos (primíparas) es producto, en mayor grado, de factores ambientales y donde los aspectos nutricional juegan un papel principal; puesto que este tipo de cerdas aun no alcanzan su talla máxima y, por lo tanto, el alimento consumido en lactancia lo canalizan hacía el mantenimiento, crecimiento y producción láctea, en comparación con las cerdas multíparas y viejas que, canalizan el alimento en dos rutas: mantenimiento y producción láctea (Patullo, 2011). Aunado a esto, los procesos fisiológicos y metabólicos por los que pasan las cerdas durante la lactancia, como lo es la fase hipergonadotrópica post-parto y la hipofagia fisiológica lactacional (HFL) inciden en el déficit del consumo de alimento, por parte de la cerda, durante la lactancia -en esencia en la primera semana post-parto- (Gonzales *et al.*, 2006; Pére y Etienne, 2007; Rigón *et al.*, 2008).

¹ Esta afirmación parte de la exclusión de alteraciones de tipo patológico y solo se consideran aspectos propios de la fisiología reproductiva de las cerdas

El déficit de consumo de alimento durante el periodo de lactancia, se refleja con la pérdida de peso corporal de las cerdas (PPC) y en alteraciones reproductivas post-destete (Mota, *et al.*, 2004), como son: a) presentación de estros prolongados; >7 días (d) post-destete- (Andrés *et al.*, 2008); b) disminución de la fertilidad en el parto subsiguiente (Neill y Williams, 2011; Jiménez *et al.*, 2012); c) alteraciones en la prolificidad, con 1.1 a 1.3 lechones menos en el parto siguiente (Vargas *et al.*, 2006; López *et al.*, 2011) y, e) desfase productivo y riesgo en la pérdida de la sustentabilidad económica de los SPP, puesto que al aumentar el IDE y el PSR se contabiliza un mayor número de DNP (Aherne, 2005; Argiles, 2007; Andrés *et al.*, 2008), cuya consecuencia es el incremento de los costos de producción, al mantener cerdas improductivas con más de 14 DNP/ciclo reproductivo/cerda (Palomo, 2004). Todos estos eventos, producto de la HFL, se incrementan en las cerdas primíparas, dada su condición de hembras que aún no alcanzan el desarrollo físico (Carrión y Medel, 2002) y hormonal, puesto que la madurez sexual se logra a partir del 3^{er} parto (Rigón *et al.*, 2008).

No obstante, no solo las cerdas primíparas incurren en el desfase productivo del sistema; también las cerdas viejas (> 6 partos) inciden en el deterioro productivo de los SPP; aunque en un menor grado. Las causas que propician el decremento productivo en estas cerdas son de tipo fisiológico principalmente: a) mala calidad embrionaria -por una síntesis inadecuada de hormona folículo estimulante (FSH) y hormona luteinizante (LH)- y, b) mayor número de lechones nacidos muertos por asfixia, provocada por la mayor duración de la fase de expulsión en el proceso de parto (Vallet *et al.*, 2010; Bolado *et al.*, 2011). Por ello, una posible solución para prevenir el desfase productivo de las cerdas primíparas y viejas dentro de los SPP, es mantener una estructura de partos en equilibrio (15% primíparas, 70% multíparas y 15% cerdas viejas), con la finalidad de que el mayor porcentaje de cerdas multíparas compense el desfase originado por las cerdas primíparas y viejas (Moreno, 2009). No obstante, con una estructura de partos en equilibrio, únicamente se solucionaría el menor número de lechones producidos, ya que el potencial de las cerdas multíparas no tendría efecto sobre la disminución del número de DNP que presentan las cerdas primíparas debido a fallas reproductivas (Morales, 2012).

Tanto el NP y el genotipo de las cerdas como la propia dinámica de producción actual de los SPP han incidido en el aumento de la tasa de reemplazos: del 30 a más del 50% (Tiranti y Morrison, 2006). El incremento de la tasa de reemplazos propiciada por el mejoramiento genético (Patullo, 2011) ha impactado negativamente el comportamiento de otros indicadores tales como: consumo de alimento durante la fase de lactación: consumos menores a 5 kg d^{-1} por cerda (Labala *et al.*, 2006), lo que genera una mayor PPC en lactancia y a su vez, una tardía reactivación ovárica con sus consecuente disminución de fertilidad y prolificidad (Quesnel *et al.*, 2007). Motivos por los cuales resulta difícil mantener la estructura de partos óptima (15, 70, 15%) y evitar el desfase productivo en los SPP (Moreno, 2009). A pesar de que, el mejoramiento genético prevé el incremento del potencial productivo de las cerdas (Yañez *et al.*, 2005).

Troillet (2005) estableció que, el genotipo de las cerdas tiene efecto directo en la producción del sistema. Aspecto que concuerda con lo observado en la presente investigación: las cerdas híbridas (cruzadas) mostraron mejor desempeño ($P < 0.05$) en TC, NV y LD, con respecto a las líneas genéticas y a las razas analizadas. Pero además, se encontraron efectos detrimentales en indicadores de consumo de alimento ($P < 0.001$) que impactan la productividad de la cerda, las primíparas en mayor grado ($P < 0.05$), al desencadenar problemas de tipo reproductivo: incremento en IDE, PSR y DNP. Variables que se afectan más en las líneas genéticas y razas con potencial genético hacia magrez de la canal (Carrión y Medel, 2002). Motivo por el cual, las líneas genéticas y las razas presentaron menor productividad ($P < 0.05$) con respecto a las cerdas híbridas. No obstante, con independencia del genotipo (líneas genéticas, razas e híbridos) la productividad de las cerdas analizadas mostró fluctuaciones de acuerdo con el NP. Lo que permitió establecer que, la productividad de la cerda está en mayor grado determinado por su edad y el consumo de alimento durante la fase de lactación. Con respecto al consumo de alimento se encontró que, las primíparas consumieron 82.2 kg de alimento durante 21 d de lactación, mientras que, las múltíparas consumieron 103.4 kg en el mismo periodo de lactancia, diferencia que repercutió directamente en las variables reproductivas subsiguientes al destete.

Se ha determinado que la menor productividad de las cerdas tiene un efecto sobre los kilogramos totales de carne producidos por cerda. Así, al disminuir 0.25 lechones NV por camada, disminuyen los kg de carne producidos/camada en 36 kg, lo que equivale a un aumento en los costos de producción de \$ 0.08 USD/kg de carne producido. De la misma forma, por punto porcentual (1.0%) que se incremente la mortalidad pre-destete conduce a la pérdida de 20 kg de carne/camada, lo que genera un aumento en los costos de producción hasta en \$ 1.92 USD (Edwards y Baxter, 2012). Por ello y al ser más drástico este fenómeno en cerdas primíparas, se propicia mayor costo de producción y mayor eliminación forzada de cerdas (>22%), haciendo más vulnerables económicamente los SPP con porcentaje elevados (>30%) de reemplazos (Seballo *et al.*, 2007).

El desfase productivo y el aumento en los costos de producción, producto de un mayor porcentaje de reemplazos dentro del sistema (mayor cantidad de cerdas primíparas y su consecuente detrimento en la productividad), pone en riesgo la supervivencia económica del mismo (Andrés *et al.*, 2008; Aherne, 2005). Por lo tanto, eliminar a las cerdas de 1^{er} parto, inmediatamente después del destete (EPE), es una alternativa para aumentar la productividad de los SPP, debido a que se evita la presentación del desfase productivo que ocasiona el grupo de cerdas de 2^{do}, 3^{er} y 6^{to} parto sometidas a un esquema de eliminación convencional (EEC) -30% de eliminación-. Ya que, la eliminación de cerdas de 1^{er} parto favorece el incremento, del número de partos; pero no por cerda, sino el total de partos dentro del sistema al año. Al respecto, con los datos obtenidos en dos SPP con 17 cerdas cada uno se encontró: 44.2 vs 35.7 partos/año, para el EPE y EEC, respectivamente. Información que sirvió para establecer la simulación productiva de una piara constituida por 200 hembras y en la cual resultó que se podrían esperar 240 partos/año con el EPE, mientras que, con el EEC el número de partos/año sería de 194 partos; obteniendo una diferencia de 46 partos/año a favor del EPE y su consecuente incremento en el número de LD/año (2,064 vs 1,765 lechones para EPE y EEC, respectivamente).

Este incremento en el número de partos/año y LD/año, en el EPE, se debe principalmente a una disminución en el número de DNP/ciclo productivo (9.9 d) con

respecto al EEC (39.0 d), lo que favorece a los costos de producción/ciclo: \$109.40 USD menos en EPE por concepto de DNP/hembra/ciclo reproductivo. Por lo tanto, en el EEC con 200 hembras, el déficit económico anual sería \$40,078.13 USD, únicamente por el incremento de DNP. Pero, si se suman el déficit por DNP a la pérdida económica por menor número de LD/año (\$ 52,170.00 USD), se genera una pérdida anual de \$92,248.13 USD para el EEC. Por lo tanto, el EPE es más eficiente, tanto productiva como económicamente, debido a: i) menores costos de producción por LD (\$33.11 vs \$36.06 USD para EEC), ii) mayor ganancia neta por LD (\$2.94 USD), iii) menor umbral de rentabilidad; el EPE requiere menor número de LD para obtener el punto de equilibrio (201 lechones) que EEC (218 lechones) y iv) mayor relación costo/beneficio (1.25) en comparación con el EEC (1.15); es decir, por cada dólar invertido el EPE, este obtiene una ganancia de 25 ¢ USD.

Finalmente, el EPE cumple con lo establecido por Martínez (2003), quien determinó que, la rentabilidad de un sistema pecuario está determinado por el comportamiento de sus variables reproductivas, productivas y económicas. No obstante, este esquema de producción (EPE) rompe con el paradigma de la producción actual, por lo que es importante seguir investigando este esquema para conocer los puntos críticos y dar solución antes de implementarlo de forma comercial.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] AHERNE, F. Eficiencia de las reproductoras. **3tres3 La página del cerdo**. España 2005. En línea: http://www.3tres3.com/los-expertos-opinan/eficiencia-de-la-reproduccion_1086/ 06/07/13.
- [2] ANDRÉS, M.A.; APARICIO, A.M.; PIÑEIRO, A. Intervalo Destete-Cubricion: qué le influye y cómo podemos controlarlo. **3tres3 La página del cerdo**. España 2008. En línea: http://www.3tres3.com/datos_productivos/intervalo-destete-cubricion-que-le-influye-y-como-podemos-controlarlo_2174/. 11-12-12.
- [3] ARGILÉS, B. J. M. La información contable en el análisis y predicción de viabilidad de las explotaciones agrícolas. **Rev. Econ. Aplicada**. 44: 109-135. 2007.
- [4] 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.
- [5] CARRIOR, D.; MEDEL, P. Interacción nutrición reproducción en ganado porcino. **XVII Curso de Especialización FEDNA**. Madrid, 05/14-17. España. 27-70 pp. 2002.
- [6] EDWARDS, S; BAXTER, E. Producin 2 tonnes of pigs per sow. En línea: 2012. <http://www.banffpork.ca/ppt/09%20-%20Edwards%20Sandra.pdf>. 24/01/14.
- [7] GONZALES, H.M.E; AMBROSIO, M.K.G; SÁNCHEZ, E.S. Regulacion neuroendocrina del hambre, la saciedad y mantenimiento del balance energetico. **Medigraphic Artemisa VIII(3)**: 191-200. 2006.
- [8] 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.
- [9] LABALA, J; SÁNCHEZ, M. ESTEVES, A. Alimentación de la hembra en la etapa de lactancia. **Vº Congreso de Producción Porcina del Mercosur**, Río Cuarto. 18/05/2006. 31-34 pp. 2006
- [10] LÓPEZ. A.A; PÉREZ. V.A.A; CORREA S.J.C. Efecto de la inseminación al primer celo post-destete o la aplicación de gonadotropinas e inseminación al segundo celo en el tamaño de camada de cerdas primerizas. **Agro-ecos. Trop. y subtrop**. 14(1): 295-299. 2011.
- [11] 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.

- [12] 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. De Zoo.** 52(197): 101-104. 2003.
- [13] MORALES, E. Estructura de hato reproductiva ideal? En línea: 2012. <http://www.apogua.org/charlas-reproduccion/Estructura-de-Hato-Reproductiva-Ideal.pdf>. 21/10/13.
- [14] 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. Michoacán, Morelia. (Tesis de Grado). Pp 29-41. 2009.
- [15] 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. 2004.
- [16] NEILL. C., WILLIAMS. N.C. Producción de leche y necesidades alimenticias en cerdas (I). 2011. **3tres3 La página del cerdo.** En línea: http://www.3tres3.com/nutricion/produccion-de-leche-y-necesidades-alimentarias-en-cerdas-i_3_284/. 14/08/2013.
- [17] 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.
- [18] PALOMO, Y.A. Días no productivos. Director División Porcina. SETNA-NUTRICIÓN S.A. **Avances Vol. I.** / Mayo 2004.
- [19] PATULLO, H. Influencia de la alimentación en la productividad de la cerda. En línea: **Porcicultura.com.** México 2011. http://www.porcicultura.com/porcicultura/home/articulos_int.asp?cve_art=769. 10-06-13.
- [20] PÉRE. M.C.; ETIENNE, M. Insulin sensitivity during pregnancy, lactation, and postweaning in primiparous gilts. **J Anim Sci.** 85(1):101-10. 2007.
- [21] QUESNEL, H.; ETIENNE, M.; PÈRE, M.C. Influence of litter size on metabolic status and reproductive axis in primiparous sows. **J Anim Sci.** 85(1):118-28. 2007.
- [22] 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.

- [23] 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.
- [24] TIRANTI, I.K; MORRISON, B.R. Mortalidad y descarte de cerdas; factores de riesgo. **Vº Congreso de Producción Porcina del Mercosur.** Córdoba 22-24/05/06 Argentina. Sin pp. 2006.
- [25] TROLLIET, J.C. “Productividad Numérica de la Cerda: Factores y componentes que la afectan”. 2005. En Línea. <http://www.produccion-animal.com.ar>. 26-07-2012.
- [26] VALLET, J.R; MILES, J.R; BROWNT-BRANDL, S.J; NIENABER, J.A. Proportion of the litter farrowed, litter size, and progesterone and estradiol effects on piglet birth intervals and stillbirths. **J. Anim. Rep.** 119(1-2): 68-75. 2010.
- [27] VARGAS, A.J; BERNARDI, M.L; WENTZ, I; NETO, G.B; BORTOLOZZO, F.P. Time of ovulation and reproductive performance over three parities after treatment of primiparous sows with PG600. **Theriogenology** 66(8):2017-2023. 2006.
- [28] YAÑEZ, L; TROMPIZ, J; VECCHIONACCE, H. Introducción de razas de cerdos hiperprolíficas chinas en las occidentales: Una revisión. **Arch. Latinoam. Prod. Anim.** 13(12): 70-80. 2005.