

Efecto de la zoometría neonatal sobre las características productivas en lechones *ts'üdi xirgo*

Titulo corto: Zoometría neonatal y desempeño productivo en lechones *ts'üdi xirgo*

Sección: Artículo científico

doi: 10.22201/fmvz.24486760e.2026.1457

Julio César Rodríguez-Montoya^{1*}

0009-0005-2551-5371

Adelfa del Carmen García-Contreras²

0000-0003-1426-5512

Yasmín Guadalupe De Loera-Ortega³

0000-0002-6822-8701

Armando Pérez-Torres⁴

0000-0003-2519-7922

María José Segura-Peñañiel⁵

0000-0003-0851-2943

Jesús Alberto Guevara-González²

0000-0003-2368-206X

¹ Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco (UAM-X), Maestría en Ciencias Agropecuarias. CDMX, México.

² Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco (UAM-X), Departamento de Producción Agrícola y Animal. CDMX, México.

³ Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Estado de México, México.

⁴ Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Departamento de Biología Celular y Tisular, Facultad de Medicina. CDMX, México.

⁵ Universidad Politécnica de Francisco I Madero. Francisco I Madero, Hidalgo, México.

* Autor para correspondencia: juliocesar.rm9631@gmail.com

Fechas:

Recibido: 2024-12-15

Aceptado: 2025-06-23

Publicado: 2026-02-19

Cómo citar este artículo:

Rodríguez Montoya JC, García Contreras A del C, De Loera Ortega YG, Pérez Torres A, Guevara González JA, Segura Peñafiel MJ. Efecto de la zoometría neonatal sobre las características productivas en lechones *ts'üdi xirgo*. Veterinaria México OA. 2026;13. doi: 10.22201/fmvz.24486760e.2026.1457.

EN PREL

Efecto de la zoometría neonatal sobre las características productivas en lechones

ts'üdi xirgo

Resumen

La conservación de los recursos genéticos animales se considera un pilar para la seguridad alimentaria y el desarrollo rural mexicano; sin embargo, algunas poblaciones están en riesgo de desaparecer, como la de los cerdos criollos, que se concentran en un núcleo productivo rural muy pequeño, donde la alta mortalidad y la productividad de los lactantes reflejan las limitaciones. Primero, cuando los lechones nacieron, se pesaron (PN) y se tomaron sus medidas zoométricas: circunferencia cefálica (CC), circunferencia abdominal (CA), circunferencia torácica (CT), longitud corporal (LC), e índices zoométricos: índice de masa corporal (IMC) e índice ponderal (IP) de neonatos criollos *ts'üdi xirgo*. Mediante la construcción de modelos de regresión multivariable, se buscó la agrupación de variables, que permitan identificar lechones con mejores valores en las características productivas durante la lactancia: peso el día 21 (P21), peso al destete (PD) y ganancia de peso diaria (GPD). Se consideró que las agrupaciones incluyeran una variable zoométrica y un índice zoométrico al nacer como variable fija, y los días de lactancia (DL) como bloque. Algunas de las variables que influyen en la productividad de los lechones criollos son las características físicas. Hallamos que el conjunto de variables PN, CT, IP y DL brinda una mejor predicción para el P21 ($P = 0.001$) y el PD ($P = 0.003$), mientras que, para la GPD, las variables que se ajustan a los datos son PN, LC, IP y DL ($P = 0.01$). El uso de herramientas y protocolos para la identificación temprana de lechones en riesgo permite brindar las condiciones óptimas para una lactancia y un desarrollo eficaces, disminuyendo la mortalidad predestete, favoreciendo el incremento

nacional de estos animales y sirviendo como impulso y apoyo económico para las familias productoras de cerdo criollo.

Palabras clave: Zoometría; Neonatos; Rendimiento productivo; Lechones; Criollos.

Contribución del estudio

Esta investigación brinda el primer acercamiento al manejo neonatal de lechones criollos *ts'üdi xirgo*, proponiendo la evaluación de características zoométricas en el nacimiento como herramienta para estimar su productividad, así como para identificar animales con menor probabilidad de sobrevivencia, lo que permite brindar el manejo y las condiciones necesarias para mejorar su desarrollo y disminuir la mortalidad predestete en unidades de producción de cerdo criollo de baja densidad. Asimismo, genera información y conocimientos sobre los cerdos criollos y fortalece los programas de conservación y aprovechamiento reduciendo el riesgo de extinción mediante la reintroducción de estos animales en nichos productivos. Esto fomenta el uso y la conservación de los recursos zoogenéticos criollos como fuente de alimento y de ingreso económico para las familias productoras y, a su vez, incrementa el inventario nacional y favorece la riqueza biológica y cultural de las regiones productoras.

Introducción

Los recursos zoogenéticos porcinos son parte fundamental de la riqueza biológica mexicana; se consideran patrimonio de la seguridad alimentaria y apoyan el desarrollo rural del país.⁽¹⁾ Los cerdos criollos son animales que no han sido sometidos a alta presión de selección genética y están suficientemente capacitados para adaptarse a cualquier ambiente, alimentación y condiciones ambientales;⁽¹⁻³⁾ sin embargo, han sido casi eliminados de los sistemas de producción comercial, debido a sus características productivas, como la velocidad de crecimiento y el rendimiento en canal. Han sido sustituidos por líneas genéticas "mejoradas", reduciendo de forma peligrosa la población de razas locales como el pelón mexicano y el pata de mula, y hasta la desafortunada desaparición, como la del cuino mexicano.^(1, 2, 4, 5)

La situación económica y social de los productores del estado de Hidalgo, México, impidió observar los beneficios de la crianza de cerdo comercial, sin embargo, el aumento en la demanda de carne de cerdo impulsó la introducción de estas razas, manteniendo precios de venta por debajo del mercado nacional, lo que castigó aún más el precio del cerdo criollo, reduciendo su producción.^(1, 3, 4) A pesar de ser animales resilientes y cuya carne tiene un succulento sabor, que genera buena aceptación entre la población de zonas rurales, la mayor parte de los consumidores de zonas urbanas prefiere la carne magra de cerdos comerciales por encima de la de los criollos, que contiene mayor cantidad de grasa. Esta última variable limita la comercialización local y concentra el inventario de cerdo criollo en sistemas de producción de baja densidad en zonas rurales.⁽⁶⁻⁸⁾

En 2018 se inició un programa de recuperación, conservación, aprovechamiento y reinserción económica del cerdo *ts'üdi xirgo* del Valle del Mezquital, México. De esta raza se sabe que hay cerca de 265 puercos. Se mantiene un núcleo productivo de 86 vientres

alojado en una unidad de producción de baja densidad. Gracias a este núcleo se pudieron evaluar sus características productivas, reproductivas, genéticas, zoométricas, etc.^(1, 5) No obstante, en las unidades de producción de cerdo criollo (UPCC), se suele dificultar la crianza temprana, ya que durante la lactancia la mortalidad varía entre 15–45 % y afecta directamente los ingresos económicos de los porcicultores rurales.⁽⁹⁾ Recientemente, se ha detectado que algunas características físicas (medidas corporales o zoométricas) de la cerda y del neonato están relacionadas con la mortalidad del lechón.^(10, 11)

Por sí solo, el peso al nacer permite predecir la mortalidad y la productividad del lechón en un 90 %, ^(11, 12) aunque se ha encontrado que la zoometría, incluidos los índices zoométricos (conformación corporal) del neonato, reflejan las condiciones del ambiente intrauterino, con lo que se detectan lechones débiles y susceptibles a condiciones que eleven la mortalidad.^(12, 13) Este fenómeno es similar a la zoometría de los bebés humanos. Con estas medidas se estima el potencial de crecimiento y la sobrevivencia neonatal. Algunas de las características corporales que afectan la productividad del lechón son la longitud corporal, la circunferencia craneal y las circunferencias abdominal y torácica.^(14–16)

Mediante el índice de masa corporal (IMC) y el índice ponderal (IP), se identifica la asociación entre el peso y la longitud corporales, así como el grado de corpulencia y la nutrición del neonato. A través de estas medidas, se identifica a los lechones con mayor riesgo a morir por aplastamiento o desnutrición en la lactancia.⁽¹⁷⁾ La reducción de la mortalidad de los lechones en las UPCC es una necesidad, ya que ello podría asegurar un inventario creciente y controlado de la población de cerdos criollos.^(1, 2) Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue identificar la relación de las características

zoométricas y los índices zoométricos neonatales con las características productivas durante la lactancia de los lechones criollos de la raza *ts'üdi xirgo*.

Material y métodos

Declaración ética

El protocolo de investigación del presente artículo fue revisado y aprobado por la Comisión Académica de la Maestría en Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco (MCA:24.155). Para la obtención de la información utilizada en este estudio, se emplearon técnicas éticas y profesionales de manejo animal, priorizando el bienestar y la integridad de los ejemplares estudiados de acuerdo con la norma nacional establecida⁽¹⁸⁾ y con los lineamientos para el uso ético de animales en estudios experimentales.⁽¹⁹⁾ Asimismo, se dio gran importancia a la seguridad e integridad física de los participantes en la investigación.

Métodos

Los datos fueron obtenidos de una UPCC de baja densidad ubicada en el municipio de Francisco I. Madero, Hidalgo, México. Se utilizó la información de los registros de parto de 20 cerdas criollas de la raza *ts'üdi xirgo*. El promedio de edad de las hembras era de 14 meses y la paridad, de 2.4 partos; se incluyó a todos los lechones nacidos vivos de cada camada, en total, 163 neonatos registrados. Durante la gestación, las cerdas fueron alojadas en corrales de confinamiento múltiple. La alimentación consistió en una dieta con 12 % de proteína y 3 250 kcal de energía metabolizable, que se suministró en diferentes cantidades según el tercio de gestación (primer tercio = 2 kg; segundo tercio = 3 kg; tercer tercio = 3.5 kg).

Al cumplir 108 días de gestación, las cerdas fueron reubicadas en los corrales de parto de 24 m², con piso de tierra y cama de paja. A partir del día 111 de gestación, se

inició el monitoreo de los signos de inicio de parto: se revisó la actividad de anidamiento, en la vulva, se identificaron secreciones vaginales; en la glándula mamaria, se verificó si había eyección de leche, también se observó si se presentaban contracciones uterinas, así como la intensidad y frecuencia de las mismas. Durante el parto, se recibió al neonato con papel adsorbente para retirar el líquido amniótico y las membranas fetales, y así evitar los riesgos de asfixia e hipotermia. Después, se analizó físicamente a cada recién nacido mediante la identificación de su estado físico, desarrollo y estado anímico. Posteriormente, a cada uno se le hizo una muesca auricular como medio de identificación permanente.

A continuación, se obtuvieron las siguientes variables de zoometría neonatal: peso al nacimiento (PN), longitud corporal (LC), circunferencia cefálica (CC), circunferencia abdominal (CA) y circunferencia torácica (CT). Con los datos de cada lechón, se calcularon los índices zoométricos: índice de masa corporal (IMC) e índice ponderal (IP). El PN se obtuvo de inmediato después de haberlo recibido y limpiado; se utilizó una báscula digital Torrey LPCR, en la que se taró el peso de un recipiente, dentro del cual se colocó el neonato para facilitar su pesaje. Para obtener la LC, se utilizó una cinta métrica, midiendo la distancia desde la base de la cola, hasta el hueso occipital del lechón.⁽¹⁴⁾

Para la CC medimos el perímetro craneal con una cinta métrica, tomamos como punto de inicio la región submandibular rodeando con la cinta la periferia de la cabeza hasta llegar de nuevo al punto de partida.⁽¹⁵⁾ Para CA y CT medimos el perímetro de la región abdominal (por delante del cordón umbilical) y el de la región torácica (detrás del pliegue axilar), respectivamente.^(12, 16) Con los valores de PN y LC calculamos los índices zoométricos (IMC e IP) de cada lechón utilizando las siguientes fórmulas:^(12, 13)

$$IMC = \frac{PN}{LC^2}$$

$$IP = \frac{PN}{LC^3}$$

Donde:

IMC = Índice de masa corporal.

IP = Índice ponderal.

PN = Peso al nacer (kg).

LC = Longitud corporal (m).

Las variables de rendimiento productivo evaluadas fueron el peso a los 21 días de vida (P21), el peso al destete (PD) y la ganancia de peso diario (GPD). Para obtener los datos de P21 y PD utilizamos una báscula digital, taramos el peso de un recipiente, dentro de él colocamos al lechón permitiendo su pesaje, a su vez, calculamos la GPD mediante la siguiente fórmula⁽¹⁶⁾:

$$GPD = \frac{PD - PN}{DL}$$

Donde:

GPD = Ganancia de peso diaria.

PD = Peso al destete (kg).

PN = Peso al nacer (kg).

DL = Días de lactancia.

Para recolectar los datos, consideramos los registros físicos diseñados y adaptados ex profeso para la recopilación y el ordenamiento de la información.

Análisis estadístico

Debido a que la varianza de los datos fue alta, precisamos de una prueba de normalidad sensible a las desviaciones de los datos, que sometimos a una prueba de normalidad de

Anderson Darling, donde se verificó que PN, LC, CA, CC, CT, P21, PD y GPD siguen un comportamiento normal, mientras que IMC e IP siguen una distribución diferente a la normal. Debido a la carencia de normalidad de los datos, agrupamos el IMC en una variable categorizada en tres niveles (IMC: alto, medio y bajo) mediante el método de cálculo de intervalos de Sturges considerando tres intervalos para esta variable. Del mismo modo, el IP se analizó como una variable de tres categorías (1^{er} quintil; 2^o-4^o quintil; 5^o quintil). Estas categorizaciones se realizaron con los datos completos (n = 163): clasificación que se mantuvo durante todo el análisis.

En la estadística descriptiva de las variables obtenidas en el parto (IMC, IP, LC, CC, CA y CT) se incluyó a todos los lechones nacidos vivos (n = 163), mientras que en la estadística descriptiva de las características productivas (P21, PD y GPD) solo se utilizó la información de los lechones que sobrevivieron hasta el destete (n = 85). Las variaciones en los datos respecto al sexo de los lechones se evaluaron mediante una prueba de T considerando varianzas desiguales (para los datos con distribución normal) y con una prueba U de Mann Whitney (para los datos que no mostraron normalidad). Se agruparon las variables: índices zoométricos (IMC y IP) y medidas zoométricas (LC, CC, CA y CT), las cuales fueron tomadas como variables independientes; a su vez, las características productivas (P21, PD y GPD) se consideraron variables de respuesta.

Se utilizó un enfoque de modelado en dos pasos para determinar el efecto de las medidas zoométricas y los índices zoométricos sobre las características productivas de los lechones. En primer lugar, se elaboró una matriz de correlación para identificar la relación individual entre las características productivas y las variables explicativas (medidas zoométricas e índices zoométricos) y, para las variables con distribución normal (PN, LC, CA, CC, CT, P21, PD y GPD), se empleó una correlación de Pearson, mientras

que, para el IMC e IP se utilizó la correlación de Spearman. Ambos análisis se incluyeron en la misma matriz de correlación. En segundo lugar, con las medidas zoométricas y los índices zoométricos $P \leq 0.05$, en el análisis de correlación con las características productivas se construyeron diferentes modelos para identificar qué conjunto de variables explicativas tenía mayor efecto sobre las variables productivas de los lechones.

En la construcción de modelos, se consideró el PN como variable fija, incluyendo, además, una medida zoométrica y un índice zoométrico; se realizaron todas las posibles combinaciones de variables. Cada conjunto de variables se analizó mediante una prueba de efectos fijos siguiendo el procedimiento GLM, para lo cual se utilizó el siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + P_i + I_j + T_K + B_l + e_{ijklm}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Vector de mediciones de rendimiento productivo (P21, PD o GPD).

μ = Media de la población para la variable de interés.

P_i = i-ésimo peso al nacer.

I_j = Efecto del j-ésimo índice corporal (IMC, IP).

T_K = Efecto de la k-ésima talla corporal (LC, CC, CA, CT).

B_l = Efecto del bloque días de lactancia (DL).

e_{ijklm} = Efecto de las variables no controladas.

Para los análisis de GLM, solo se incluyeron los datos de los lechones cuya información estaba completa, es decir, los que sobrevivieron hasta el destete. Los días de lactancia (DL) se incluyeron como bloque en el análisis, se categorizaron en tres grupos: 1) lactancia larga (> 35 días), 2) lactancia normal (35 días) y 3) lactancia corta (< 35 días). Se utilizó el criterio de clasificación de Akaike (AICc) para seleccionar el

modelo de efectos fijos que mejor explicara la variación de cada variable de respuesta. Los datos fueron tratados con el paquete estadístico JMP Pro18.

Resultados

Los resultados descriptivos de las variables medidas en los lechones evaluados se muestran en el **Cuadro 1**. Se observó que el PN de los cerdos *Ts'üdi xirgo* fue de 0.94 ± 0.21 kg, una variación por el dimorfismo sexual de los neonatos evaluados ($P = 0.049$), donde, en promedio las hembras (H, 0.90 kg) fueron menos pesadas que los machos (M, 0.97 kg). Las características zoométricas evaluadas en los neonatos mostraron los siguientes valores promedio: LC (22.16 ± 2.27 cm), CC (19.48 ± 2.07 cm), CA (20.58 ± 2.31 cm), CT (22.10 ± 1.61 cm). Respecto a lo anterior, no se encontró diferencia en el LC ($P = 0.60$; M: 22.25 ± 2.47 , H: 22.07 ± 2.05), CC ($P = 0.50$; M: 19.59 ± 1.97 , H: 19.37 ± 2.18), CA ($P = 0.87$; M: 20.55 ± 2.46 , H: 20.62 ± 2.17) y CT ($P = 0.62$; M: 21.77 ± 1.87 , H: 21.55 ± 1.98) entre neonatos de distinto sexo.

Por otro lado, los resultados de LC, CA, CT ($P = 0.0001$) y CC ($P = 0.0034$) mostraron ser significativamente proporcionales al PN. De acuerdo con el cálculo de índices zoométricos de los lechones evaluados en este estudio, se identificó que los neonatos *Ts'üdi xirgo* presentan valores promedio de IMC de 19.24 ± 4.14 (M: 19.69 ± 4.19 , H: 18.69 ± 3.55), mientras que el IP mostró una media de 88.27 ± 23.8 (M: 90.39 ± 25.36 , H: 86.02 ± 21.99). En este estudio se encontró que el sexo de los lechones *ts'üdi xirgo* no afecta los valores de IMC ($P = 0.125$) y de IP ($P = 0.220$). Las características productivas evaluadas son indicadores económicamente importantes debido a que son un reflejo de las condiciones y prácticas durante la lactancia. En ese sentido, estos lechones tuvieron una GPD de 122 ± 04 g, con valores de P21 de

3.15 ±0.86 kg y de PD de 4.26 ±1.4 kg. Ninguno de estos valores se ve afectado por el sexo de los lechones.

Cuadro 1. Análisis descriptivo de las variables evaluadas en los lechones

Variables	General	Hembras (H)	Machos (M)	P < 0.05
	(n = 163)	(n = 79)	(n = 84)	
	Media ± DS			
PN (kg)	0.940 ±0.21	0.906 ±0.18	0.971 ±0.23	0.047*
LC (cm)	22.16 ±2.27	22.07 ±2.05	22.25 ±2.47	0.603
CC (cm)	19.48 ±2.07	19.37 ±2.18	19.59 ±1.97	0.501
CA (cm)	20.58 ±2.31	20.62 ±2.17	20.55 ±2.46	0.871
CT (cm)	21.66 ±1.92	21.55 ±1.98	21.77 ±1.87	0.528
IMC	19.20 ±3.91	18.69 ±3.55	19.69 ±4.19	0.125
IP	88.27 ±23.81	86.02 ±21.99	90.39 ±25.36	0.220
GPD (kg)	0.122 ±0.04	0.121 ±0.04	0.124 ±0.04	0.739
PD (kg)	4.26 ±1.40	4.24 ±1.45	4.27 ±1.36	0.916
P21 (kg)	3.15 ±0.86	3.07 ±0.83	3.22 ±0.88	0.441

*Variables con significancia estadística (P<0.05)

PN = Peso al nacimiento; LC = Longitud corporal; CC = Circunferencia cefálica; CA = Circunferencia abdominal; CT = Circunferencia torácica; IMC = Índice de masa corporal; IP = Índice ponderal; GPD = Ganancia de peso diaria; PD = Peso al destete; P21 = Peso el día 21.

En el **Cuadro 2** se observan las correlaciones entre las características productivas y cada una de las medidas zoométricas y los índices zoométricos. Se evaluaron los 85 lechones que sobrevivieron hasta el destete (48 machos y 37 hembras), lo que representó una mortalidad del 52.15 % respecto a los lechones evaluados al nacer. Los resultados del pesaje de los neonatos mostraron que el PN se relacionó con el P21 ($P = 0.0001$) y el PD ($P = 0.0160$), pero no se relacionó con la GPD. Por otra parte, la CC no afectó de manera alguna las características productivas evaluadas, mientras que la LC afectó P21, PD y GPD ($P = 0.0019$; $P = 0.0097$; $P = 0.0121$, respectivamente). Del mismo modo, la CT de los lechones *ts'üdi xirgo* está relacionada con el P21 y el PD ($P = 0.0001$ y $P = 0.0008$). La circunferencia abdominal (CA) afectó las mismas características productivas ($P = 0.0001$; $P = 0.0045$), pero ninguna de estas dos medidas de circunferencia influyó en la GPD. El IMC y el IP no influyeron en la respuesta de esta investigación.

ENR

Cuadro 2. Matriz de correlación entre variables zoométricas y los índices zoométricos de acuerdo con las características productivas

	P21	PD	GPD	PN	LC	CC	CT	CA	IMC	IP
P21	1	0.824	-0.083	0.457*	0.339*	0.040	0.513*	0.512*	0.150	-0.080
PD	0.824	1	-0.220	0.260*	0.279*	-0.015	0.380*	0.324*	0.020	-0.160
GPD	-0.083	-0.220	1	0.062	-0.271*	-0.088	-0.070	-0.002	0.270	0.420
PN	0.440	0.261	0.062	1	0.672	0.307	0.819	0.704	0.460	0.040
LC	0.330	0.279	-0.271	0.672	1	0.449	0.662	0.695	-0.230	-0.610
CC	0.040	-0.015	-0.088	0.307	0.449	1	0.411	0.299	-0.160	-0.350
CT	0.501	0.375	-0.070	0.819	0.662	0.411	1	0.773	0.250	-0.090
CA	0.482	0.316	-0.002	0.704	0.695	0.299	0.773	1	0.060	-0.180
IMC	0.150	0.020	0.270	0.460	-0.230	-0.160	0.250	0.060	1	0.680
IP	-0.080	-0.160	0.420	0.040	-0.610	-0.350	-0.090	-0.180	0.680	1

*Variables con significancia estadística ($P < 0.05$)

Variables zoométricas: LC, CC, CA y CT. Índices zoométricos: IMC e IP. Características productivas: P21, PD y GPD.

PN = Peso al nacimiento. LC = Longitud corporal. CC = Circunferencia cefálica. CA = Circunferencia abdominal. CT = Circunferencia torácica. IMC = Índice de masa corporal. IP = Índice ponderal. P21 = Peso el día 21. PD = Peso al destete. GPD = Ganancia de peso diaria.

En el **Cuadro 3** se muestran los modelos de efectos fijos, se utilizaron las variables PN, LC, CA y CT, que fueron significativas de manera individual sobre las variables productivas, asimismo, se incluyeron el IMC y el IP a pesar de no ser variables significativas por si solas sobre las características productivas; también, PN se mantuvo como variable fija. La DL se incluyó en bloque. En esta investigación, se halló que en los

neonatos *ts'üdi xirgo*, la evaluación conjunta del PN, CT e IP afectó las características productivas P21 (P = 0.001; AICc = 187.56) y PD (P = 0.003; AICc = 274.93). Por otra parte, la conjunción del PN, LC e IP afectó más la GPD (P = 0.013; AICc = -296.36) en estos lechones.

Cuadro 3. Efecto de los modelos estadísticos sobre las variables productivas de los *Tsüdi xirgo* recién nacidos

Rendimiento productivo	Modelo de efectos fijos	P < 0.05	r ²	AICc
P21	PN + LC + IMC + DL	0.020*	0.370	221.45
P21	PN + LC + IP + DL	0.004*	0.359	209.39
P21	PN + CA + IMC + DL	0.019*	0.420	203.59
P21	PN + CA + IP + DL	0.002*	0.417	189.26
P21	PN + CT + IMC + DL	0.023*	0.413	204.48
P21	PN + CT + IP + DL	0.001*	0.431	187.56**
PD	PN + LC + IMC + DL	0.042*	0.330	316.45
PD	PN + LC + IP + DL	0.005*	0.335	302.66
PD	PN + CA + IMC + DL	0.175	0.308	299.11
PD	PN + CA + IP + DL	0.027*	0.324	283.13
PD	PN + CT + IMC + DL	0.025*	0.391	289.54
PD	PN + CT + IP + DL	0.003*	0.394	274.93**
GPD	PN + LC + IMC + DL	0.059	0.318	-284.07
GPD	PN + LC + IP + DL	0.013*	0.311	-296.36**

*Modelo con significancia estadística (P < 0.05).

** Modelo seleccionado de acuerdo con el criterio de Akaike.

PN = Peso al nacimiento. LC = Longitud corporal. CC = Circunferencia cefálica. CA = Circunferencia abdominal. CT = Circunferencia torácica. IMC = Índice de masa corporal. IP = Índice ponderal. P21 = Peso el día 21. PD = Peso al destete. GPD = Ganancia de peso diario. DL = Días de lactancia. AICc = Criterio de Akaike.

Discusión

Los valores de PN encontrados en los lechones *ts'üdi xirgo* son similares a lo descrito en lechones criollos pelón mexicano (0.9 kg) y en cerdos criollos colombianos (0.89–0.90 kg). Asimismo, los PN de diferentes cerdos criollos son menores a los de razas comerciales, cuyos pesos al nacer son de 1.45 kg en promedio.^(11, 20, 21) Las variaciones en los pesos reportadas por diferentes autores están relacionadas con la capacidad ventral de las cerdas criollas, el tamaño de la camada, las condiciones genéticas, ambientales, nutricionales, etc.^(22, 23) Es frecuente que la causa de un menor PN en neonatos criollos, se deba a la poca o nula selección genética que han tenido para mejorar esa característica, sin embargo, se ha mostrado que la nutrición de la hembra tiene efecto directo en la vascularización y el desarrollo de la placenta, lo que repercute en el crecimiento del lechón dentro del útero. Por tanto, una alimentación balanceada y con ingredientes de calidad podría mejorar el PN de los recién nacidos.^(24– 26)

Los neonatos *ts'üdi xirgo* mostraron una apropiada proporción corporal acorde con su peso, variable que coincide con la de los comerciales, quienes muestran tamaños corporales íntimamente relacionadas con su PN.⁽²⁷⁾ Por otro lado, las tallas corporales de cerdos criollos de la región centro de México ($P > 0.05$) y los cerdos criollos colombianos ($P > 0.05$) no muestran diferencias relacionadas con el dimorfismo sexual, se comportan de manera similar a lo descrito en esta investigación.^(4, 20, 28) Ahora bien, se ha reportado IMC en cerdos comerciales de 23.7; esta cifra es mayor a lo encontrado en esta investigación.⁽²⁹⁾ El IP calcula la corpulencia mediante la grasa corporal. Debido a que los *ts'üdi xirgo* tienen una mayor deposición de grasa dorsal y abdominal, sus valores de IP son más altos que los de raza comercial (94.3), lo que favorece la adaptabilidad y supervivencia en las razas criollas.^(30– 34)

En esta investigación se halló que los lechones criollos *ts'üdi xirgo* tienen un crecimiento más lento (0.122 ± 0.04 kg/día) que los criollos cajamarqueños ($0.395\text{--}0.51$ kg/día) y San Pedreños (0.613 kg/día), y hasta que los comerciales; ya que recientemente se ha reportado una GDP en lechones Landrace-York de 225 g/día⁽³⁵⁻⁻³⁷⁾ Las condiciones ambientales, nutricionales y sanitarias de los lactantes influyen en el peso al destete. La muerte posdestete es más común en los destetados de bajo peso, lo que muestra que el PD es un indicador económicamente importante.⁽³⁷⁾ El PD del *ts'üdi xirgo* resultó menor que los 5.2 kg del pelón mexicano y que los 5.4 kg del lechón de razas comerciales.^(38, 39) El PN, por sí solo, es importante, porque se relaciona directamente con el bienestar, la supervivencia y la productividad del cerdo. También, este valor tiene estrecha relación con las características zoométricas del neonato.^(16, 23, 40)

Diversas investigaciones afirman que la medición zoométrica del neonato puede ayudar a identificar lechones con mejor productividad y mayor posibilidad de sobrevivencia. La circunferencia del tórax y del abdomen, y la longitud corporal son variables que predicen el rendimiento productivo de los lechones desde la lactancia hasta después del destete.^(12, 15) Lo anterior coincide con lo evaluado en los lechones *ts'üdi xirgo*, donde se identificó que la LC, la CT y la CA tiene efecto sobre el PD y el P21, pero no sobre la GDP, por su parte, la CC no mostró tener efecto sobre ninguna de las características productivas evaluadas. El IMC y el IP no influyeron en las variables de respuesta de esta investigación, contrario a lo que se ha publicado respecto a los cerdos comerciales, en quienes se ha confirmado que su productividad sí está influida por los índices de conformación corporal (IMC e IP). Los valores bajos en estos índices resulta en lechones con bajo rendimiento.^(12, 30)

En diferentes especies productivas, el PN posee cierto valor de interés económico, porque permite identificar animales susceptibles y propensos a morir; no obstante, incluir la medición de variables zoométricas en la evaluación neonatal permite un abordaje más amplio para la predicción de la productividad.^(11, 13, 41) En este estudio, la evaluación conjunta del PN y las variables zoométricas CT e IP resultó que influencia de sobre manera el PD y el P21 de los *Ts'üdi xirgo*. Por otra parte, la conjunción de las variables PN, LC e IP mostró tener efecto sobre la GDP. Resultados similares se han publicado en diversos estudios, donde se señala que valores mayores de LC disminuyen la pérdida de calor corporal debido a la relación superficie-volumen (lechón-entorno); para lo que se requiere menor cantidad de energía para termorregularse y utiliza sus reservas energéticas para crecer y desarrollarse.⁽⁴²⁻⁴⁴⁾

Del mismo modo, el IP es el índice zoométrico más asociado con el crecimiento y la supervivencia, debido a que un bajo IP neonatal evidencia un deficiente desarrollo intrauterino, lo que significa, lechones menos productivos y más susceptibles a la desnutrición y al aplastamiento.⁽³⁰⁾ La evaluación del PN, junto con otras características e índices zoométricos neonatales, es una práctica que resulta beneficiosa en la producción de cerdo criollo y permite identificar lechones con menor productividad y con bajas posibilidades de sobrevivir. Entonces, si se considera la evaluación de las características propias de la cerda: alimentación y ambiente, se podrían obtener mejores resultados.^(41, 45, 46)

Conclusión

La productividad del lechón criollo *ts'üdi xirgo* está influenciada por muchas variables, desde las propias de la cerda hasta factores ambientales; del mismo modo, las características físicas del lechón también juegan un papel importante. Es posible identificar lechones con buena productividad mediante la evaluación de las características y los índices zoométricos neonatales, de entre los cuales, el índice ponderal, la circunferencia torácica y la longitud corporal fueron las variables que brindaron mayor efecto sobre las características productivas. Distinguir a los neonatos potenciales de cada camada permite brindar las condiciones óptimas para una lactancia y un desarrollo eficaz. Emplear herramientas y protocolos para la identificación temprana del lechón en riesgo ayuda a disminuir la mortalidad predestete y a mejorar la productividad de los lactantes; así, se incrementa el inventario nacional de estos animales y se impulsa y apoya el ingreso económico para las familias productoras de cerdo criollo.

ENR

Disponibilidad de datos

Todos los datos relevantes están dentro del manuscrito y sus archivos de información complementaria están disponibles para descargar en el repositorio SciELO Dataverse.

Conflicto de intereses

Los autores no tienen ningún conflicto de intereses que declarar con respecto a esta publicación.

Agradecimientos

Se expresa un profundo y sincero agradecimiento a todos los productores de cerdo criollo *Ts'üdi xirgo* del estado de Hidalgo, quienes muy gentilmente nos permitieron el acceso a sus unidades de producción, brindando las facilidades para el manejo de los animales y la colecta de la información.

Asimismo, se agradece enormemente a la coordinación de la Ingeniería en Producción Animal de la Universidad Politécnica de Francisco I Madero, Hidalgo, por permitirnos el ingreso a su unidad pecuaria en donde se mantiene en resguardo un núcleo productivo de *Ts'üdi xirgo*, y por el apoyo en la logística y la vinculación con los productores de la región.

De igual manera, es de gran importancia resaltar y agradecer el gran trabajo que realizó el equipo de investigación del Laboratorio de Imagenología Zootécnica y Gestión Ambiental de la UAM Xochimilco, quienes apoyaron desde el cuidado y monitoreo de los animales, hasta el apoyo técnico científico para el desarrollo de esta investigación.

Declaración de financiación

Esta investigación fue financiada por la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Xochimilco (<https://www.xoc.uam.mx/>), a través de la convocatoria para el desarrollo académico 2024, en las categorías de “Apoyo a los trabajos terminales del alumnado”, con número de folio DT22; y “Vinculación con las comunidades”, con número de folio VC5.

Contribución de los autores

Conceptualización: JC Rodríguez-Montoya, AC García-Contreras.

Curación de datos: JC Rodríguez-Montoya, MJ Segura-Peñafield.

Análisis formal: JC Rodríguez-Montoya, AC García-Contreras.

Investigación: JC Rodríguez-Montoya.

Metodología: JC Rodríguez-Montoya, MJ Segura-Peñafield.

Administración del proyecto: AC García-Contreras, YG De Loera-Ortega, JA Guevara-González.

Supervisión: AC García-Contreras, YG De Loera-Ortega, JA Guevara-González, A Pérez-Torres.

Redacción-borrador original: JC Rodríguez-Montoya, MJ Segura-Peñafield.

Redacción-revisión y edición: AC García-Contreras, YG De Loera-Ortega, JA Guevara-González, A Pérez-Torres.

Referencias

1. García A, de Loera Y, Rodríguez J, Medina C, Rivera U, Segura M, Martínez Y. Recuperación de la población del cerdo negro peludo (*ts'üdi xirgo*) del Valle del Mezquital. *Revista de la Academia Veterinaria Mexicana*. 2021;(57):91–104.
2. Lemus C. Sistemas de crianza rural del cerdo criollo en México. En: Lemus FC, Alonso SM. *El cerdo pelón mexicano y otros cerdos criollos*. Nayarit, México: Universidad Autónoma de Nayarit; 2005:23–28.
3. Sierra A, Ortiz J, Bojórquez J, Canul M, Tamayo J, Rodríguez J, *et al.* Conservación y uso sustentable del cerdo pelón en Yucatán. *Quehacer Científico en Chiapas*. 2016;11(1):13–28.
4. Ángel A, García C, García A, Valencia M, Velázquez P. Tipificación y caracterización del sistema de producción del cerdo criollo en la región centro, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 2021;8(2):e2777. doi: 10.19136/era.a8n11.2777.
5. DAD-IS. Sistema de Información sobre la Diversidad de los Animales Domésticos, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2023. <https://www.fao.org/dad-is/browse-by-country-and-species/en/>
6. Martínez G, Román S, Vélez A, Cabrera C, Cantú A, de la Cruz L. Morfometría del cerdo de traspatio en áreas rurales en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 2016;7(4):431–440. doi: 10.22319/rmcp.v7i4.4276.
7. Segura-Peñafiel M, De Loera-Ortega Y, Guevara-González J, Medina-González C, Rodríguez-Montoya J, García-Contreras A. Caracterización reproductiva de

- cerdas criollas *t'südi xirgo* en unidades de producción de baja densidad. Revista Mexicana de Agroecosistemas. 2021;8(2):41–49.
8. Esmeraldas R, Armijos J, Maldonado D, Delgado J, Navas F, Toalombo P. Comparación de las variables morfológicas de cerdos criollos en la provincia de Chimborazo y Loja. Archivos de Zootecnia. 2023;72(279):236–243.
 9. Linares V, Linares F, Mendoza G. Caracterización etnozootécnica y potencial carnicero de *Sus escrofa* “cerdo criollo” en Latinoamérica. Scientia Agropecuaria. 2011;(2):97–110. doi: 10.17268/sci.agropecu.2011.02.05.
 10. Muns R, Manzanilla EG, Sol C, Manteca X, Gasa J. Piglet behavior as a measure of vitality and its influence on piglet survival and growth during lactation. Journal of Animal Science. 2013;(91)4:1838–1843. doi: 10.2527/jas.2012-5501.
 11. Galiot L, Lachance I, Laforest J, Guay F. Modelling piglet growth and mortality on commercial hog farms using variables describing individual animals, litters, sows and management factors. Animal Reproduction Science. 2018;(188):57–65. doi: 10.1016/j.anireprosci.2017.11.009.
 12. Douglas S, Edwards S, Kyriazakis I. Are all piglets born lightweight alike? Morphological measurements as predictors of postnatal performance. Journal of Animal Science. 2016;(94)8:3510–3518. doi: 10.2527/jas.2015-0142.
 13. Tucker B, Petrovski K, Craig J, Morrison R, Smits RJ, Kirkwood RN. Piglet morphology: Indicators of neonatal viability? Animals. 2022;(12)5:658. doi: 10.3390/ani12050658.
 14. Amdi C, Krogh U, Flummer C, Oksbjerg N, Hansen CF, Theil PK. Intrauterine growth restricted piglets defined by their head shape ingest insufficient amounts of

- colostrum. *Journal of Animal Science*. 2013;91:5605–5613. doi: 10.2527/jas.2013-6824.
15. Hales J, Moussen VA, Nielsen MB, Hansen CF. Individual physical characteristics of neonatal piglets affect preweaning survival or piglets born in a noncrated system. *Journal of Animal Science*. 2013;91(10):4991–5003. doi: 10.2527/jas.2012-5740.
16. Huting A, Sakkas P, Wellock I, Almendra K, Kyriazakis I. Once small always small? To what extent morphometric characteristics and post-weaning starter regime affect pig lifetime growth performance. *Porcine Health Management*. 2018;4(21). doi: 10.1186/s40813-018-0098-1.
17. Farmer C, Edwards S. Review: Improving the performance of neonatal pigs. *Animal*. 2022;16:100350. doi: 10.1016/j.animal.2021.100350.
18. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Norma Oficial Mexicana. NOM-062-ZOO-1999. Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. CDMX, México: Diario Oficial de la Federación; 2001 junio.
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=762506&fecha=22/08/2001#gs.c.tab=0
19. Sherwin C, Christiansen S, Duncan I, Erhard H, Lay D, Mench J, *et al.* Guidelines for the ethical use of animals in applied ethology studies. *Applied Animal Behavior Science*. 2003; 81(3):291–305. doi: 10.1016/S0168-1591(02)00288-5.
20. Ángel A, García C, García A, Gutiérrez A, Valencia M, García A. Reproductive potential of the female productive parameters of the suckling piglet of the cerdo

- pelón mexicano. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 2022;8(3):2776.
doi: 10.19136/era.a8n3.2776.
21. Valarezo F. Evaluación de parámetros productivos y reproductivos en cerdos criollos de diferentes biotipos, en la quinta experimental punzara [tesis de licenciatura]. Loja, Ecuador: Universidad Nacional de la Loja: 2023.
22. Roelofs S, Meijera E, Baas V, Dobrovolski M, van der Staay F, Nordquist R. Neurological functioning and fear responses in low and normal birth weight Piglets. *Applied Animal Behaviour Science*. 2019;220:104853.
doi: 10.1016/j.applanim.2019.104853.
23. Feldpausch J, Jourquin J, Bergstorm J, Bargon J, Bokenkroger C, Davis D, *et al.* Birth weight threshold for identifying piglets at risk for preweaning mortality. *Translational Animal Science*. 2019;3(2):633–640. doi: 10.1093/tas/txz076.
24. Bruun T, Ostrup E, Kyed K, Dall J, Varmlose A. Effect on increasing dietary methionine-to-lysine ratio during early gestation on fetal development and piglet birth weight. *Animal Reproduction Science*. 2023;252:107251.
doi: 10.1016/j.anireprosci.2023.107251.
25. Sumya K, Young-Jo C, In Ho K. Effect omega-3 fatty acid supplementation in salmon oil on the production performance of lactating sows and their offspring. *Korean Journal of Agriculture Science*. 2021;48(2):191–199.
doi: 10.7744/kjoas.20210002.
26. Huguet G, Puig-Parnau I, Serrano J, Martin-Gari M, Rodríguez-Palmero M, Moreno-Muñoz J, *et al.* Hippocampal neurogenesis and Arc expression are enhanced in high-fat fed prepubertal female pigs by a diet including omega-3 fatty

- acids and *Bifidobacterium breve* CECT8242. *European Journal of Nutrition*. 2023;62:2463–2473. doi: 10.1007/s00394-023-03165-1.
27. Salazar VS. Factores que afectan la vitalidad de los lechones al momento del nacimiento. *Nutrición Animal Tropical*. 2018;12(1):40–58. doi: 10.15517/nat.v12i1.33670.
28. Salamanca-Carreño A, Parés-Casanova PM, Vélez-Terranova OM, Castro RC, Jáuregui R. Valoración morfométrica de una población de cerdos araucanos (Colombia). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 2022;33(5):e23795. doi: 10.15381/rivep.v33i5.23794.
29. Quesnel H, Resmond R, Merlot E, Pere M, Gondret F, Louveau I. Physiological traits of newborn piglets associated with colostrum intake, neonatal survival and preweaning growth. *Animal*. 2023;17(6):100843. doi: 10.1016/j.animal.2023.100843.
30. Nguyen H, Peerapol S. Risk factors associated with stillbirth of piglets born from oxytocin-assisted. *Vet World*. 2020;13-10:2172–2177. doi: 10.14202/vetworld.2020.2172-2177.
31. Hansen C, Hales J, Amdi C, Moustsen V. Intrauterine growth-restricted piglets defined by their head shape have impaired survival and growth during the suckling period. *Animal Production Science*. 2018;59(6):1056–1062. doi: 10.1071/AN17581.
32. Suescun-Ospina S, Bolívar-Sierra A, Colmenares-Ayala A. Desempeño productivo, características de la canal y calidad de la carne de cerdos mestizos

- “casco de mula” en ceba, Orinoquia. 2022;26(2):e779,
doi: 10.22579/20112629.779.
33. Mohajan D, Kumar H. Ponderal index: an important anthropometric indicator for physical growth. *Journal of Innovations in Medical Research*. 2023;2(6):15–19. doi: 10.56397/JIMR/2023.06.03.
34. Bonnet A, Bluy L, Gress L, Canario L, Ravon L, Sécula A, *et al.* Sex and fetal genome influence gene expression in pig endometrium at the end of gestation. *BMC Genomic*. 2024;25:303. doi: 10.1186/s12864-024-10144-1.
35. Paredes M, Vallejos L, Mantilla J. Efecto del tipo de alimentación sobre el comportamiento productivo, características de la canal y calidad de la carne del cerdo criollo negro cajamarquino. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 2017;28(4):894–903. doi: 10.15381/rivep.v28i4.13879.
36. Ocampo R, Martínez P, Tobón J. Comportamiento productivo y características de la canal del cerdo criollo colombiano San Pedreño. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 2025;36(01):e27373. doi: 10.15381/rivep.v36i1.27373.
37. Lyderik K, Madsen J, Larsen C, Pedersen M, Kjeldsen N, Williams A, *et al.* An increased weaning age and liquid feed enhances weight gain compared to piglets fed dry feed pre-weaning. *Animal*. 2023;17(5):100801. doi: 10.1016/j.animal.2023.100801.
38. Ángel-Hernández A, García-Munguía C, Morales-Flores S, García-Munguía A, Martínez-Alba M. Reproductive potential of female mexican hair pig for use in the current swine culture in México. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*. 2024;7(2):1–10. doi: 10.34188/bjaerv7n2-044.

39. Faccin J, Laskoski F, Cemin H, Mellagi A, Bernardi M, Ulguim R, *et al.* Evaluating the impact of weaning weight and growth rate during the first week post weaning on overall nursery performance. *Journal of Swine Health and Production*. 2020;28(2):70–78. doi: 10.54846/jshap/1138.
40. Fordyce A, Hines E, Edwards E, Plaengkaeo S, Stalder K, Colpoys J, *et al.* Measuring birth weight and umbilical cord diameter at birth to predict subsequent performance in swine. *Translational Animal Science*. 2021;5(1):214. doi: 10.1093/tas/txaa214.
41. Buchallik S, Kiene F, Buchallik J, Marahrens H, Ossowski N, Schumacher C, *et al.* Relationship between body condition score, body weight and body measurements in alpacas. *Irish Veterinary Journal*. 2024;77(1). doi: 10.3390/ani11010102.
42. Vanden H, Ayuso M, Aerts P, Prims S, van Cruchten S, van Ginneken C. Glucose and glycogen levels in piglets that differ in birth weight and vitality. *Heliyon*. 2019;5(9):e02510. doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e02510.
43. González-Añover P, Encinas T, Torres-Rovira L, Pallares P, Muñoz-Frutos J, Gomez-Izquierdo E, *et al.* Ovulation rate, embryo mortality and intrauterine growth retardation in obese swine with gene polymorphisms for leptin and melanocortin receptors. *Theriogenology*. 2011;75(11):34–41. doi: 10.1016/j.theriogenology.2010.07.009.
44. Bidarimath W, Tayade C. Pregnancy and spontaneous fetal loss: a pig perspective. *Molecular Reproduction and Development*. 2017;84:856–869. doi: 10.1002/mrd.22847.

45. De las Heras A. Factores individuales y nutricionales que determinan la homogeneidad y los rendimientos productivos en porcino ibérico [tesis doctoral]. Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid; 2023.
46. Van Genneken C, Ayuso M, van Bockstal L, van Cruchten S. Prewaning performance in intrauterine growth-restricted piglets: characteristics and interventions. *Molecular Reproduction and Development*. 2023;90:697–707. doi: 10.1002/mrd.23614.

En prensa