

CARACTERÍSTICAS DEL SEMEN Y DESEMPEÑO REPRODUCTIVO DE CUYES NATIVOS Y MEJORADOS EN CRUZAMIENTO RECÍPROCO.

Semen characteristics and reproductive performance of native and improved guinea pigs in reciprocal crossing

Manuel Paredes^{1*}, Jaydi Guevara¹, José Mantilla¹, Pedro Ortiz²

¹ Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias, Universidad Nacional de Cajamarca.

² Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Cajamarca.

* Corresponding author
Manuel Paredes. E-mail: mparedes@unc.edu.pe

Recibido: 28/06/20

Aceptado: 20/07/2020

Publicado: 21/08/220

ABSTRACT

Guinea pig native genotype may not have high reproductive performance but may provide rusticity. In guinea pigs the offspring is born highly developed and gestation might be the most critical reproductive period in this specie. Therefore, objectives of the present investigation were comparing the characteristics of the semen of native and improved reproductive guinea pigs and evaluate reproductive performance and change of body weight of pregnant and lactating females of native and improved guinea pigs, in reciprocal crossing. A total of 48 first gestation female, 24 F2 native guinea pigs and 24 improved females (Cajamarca ecotype) were used in a reciprocal crossing with 6 Improved males and 6 native males, respectively. Genotype had a significant influence on reproductive results, while seminal quality did not affect reproductive performance of females. Guinea pigs born to native mothers exhibited significantly lower litter body weight and litter size at birth than those of improved mothers, while individual birth weight did not differ between groups. Total weight and litter size at weaning was lower in native mothers than in Cajamarca ecotype. Mortality rate of offspring was higher in the improved females. The maternal genotype, native and improved, lost not body weight during first lactation. In conclusion, native females had a lower productive performance than improved females; however, the incorporation of native genotype in crossing with improved guinea pigs produces greater rusticity, increasing survival of offspring at birth and weaning.

Keywords: Guinea pig, reproductive performance, semen characteristics

RESUMEN

El genotipo nativo del cuy puede no tener un gran rendimiento reproductivo, pero puede proporcionar rusticidad. En cuyes, la descendencia nace muy desarrollada y la gestación podría ser el período reproductivo más crítico en esta especie. Por lo que, los objetivos de la presente investigación fueron: comparar las características del semen de cuyes reproductores nativos y mejorados, y evaluar el desempeño reproductivo y el cambio de peso corporal de las hembras en gestación y lactación, de los genotipos nativo cruzado y cuy mejorado en cruzamiento recíproco. Se utilizaron un total de 48 hembras de primera gestación, 24 cuyes nativas F2 y 24 hembras mejoradas (ecotipo Cajamarca) en un cruce recíproco con 6 machos mejorados y 6 machos nativos, respectivamente, para obtener animales de triple cruce terminal. El genotipo influyó significativamente en los resultados reproductivos, mientras que la calidad seminal no afectó el rendimiento reproductivo de las hembras. Los cuyes nacidos de madres nativas exhibieron un peso corporal de camada y un tamaño de camada al nacimiento, significativamente más bajos que los de madres mejoradas, mientras que el peso de nacimiento individual de las crías no difirió entre los grupos. El peso total y tamaño de camada al destete fue más bajo en las madres nativas que en las de ecotipo Cajamarca. La tasa de mortalidad de las crías fue más alta en las hembras mejoradas. Ningún genotipo materno perdió peso corporal durante la primera lactancia. En conclusión, las hembras del genotipo nativo tuvieron un menor rendimiento productivo que las hembras mejoradas; sin embargo, la incorporación del genotipo nativo en cruzamiento con cuyes mejorados introdujo mayor rusticidad, incrementando la supervivencia de las crías al nacimiento y destete

Palabras clave: Cuy, performance reproductivo, características de semen

INTRODUCCION

A nivel mundial el cuy (*Cavia porcellus*) es utilizado como animal de laboratorio para investigación (Mínguez et al., 2018), dada su relación y cercanía con el modelo humano (Fox et al., 2015). Sin embargo, en la región andina de Sudamérica esta especie es criada para la producción de carne (Mínguez et al., 2019). En el sector pecuario, el cuy es el mamífero más pequeño y su producción es reducida en comparación con los mayores volúmenes de carne producidos por aves, vacunos, ovinos y cerdos. A pesar de ello, el cuy es una buena fuente de proteína animal y ocupa un lugar relevante en la actividad económica del poblador rural andino (Sánchez-Macías et al., 2018), contribuyendo con el desarrollo de la industria gastronómica, dado su particular sabor y las propiedades dietéticas de la carne (Bazán et al., 2019).

El cuy es un animal originario de los andes sudamericanos y se encuentra distribuido en dos tipos de poblaciones: la nativa (sin mejora genética) y la población mejorada genéticamente. La primera conserva rusticidad y adaptabilidad a condiciones adversas, y la segunda se orienta a una mayor productividad (Chauca, 2018). Sin embargo, el logro de altos niveles productivos en cuyes ha afectado la rusticidad, observándose presencia de enfermedades graves que provocan alta morbilidad y mortalidad (Salvatierra et al., 2018). Del mismo modo puede haberse afectada la fertilidad, por lo que se recomienda realizar la selección y evaluación de los reproductores machos antes del empadre (Márquez et al., 2019) y utilizar programas paralelos de identificación de germoplasma nativo como fuente de diversidad genética (Castro et al., 2013).

Para una producción rentable y sostenible de carne es primordial contar con una buena eficiencia reproductiva. Para lograr tal objetivo es importante desarrollar programas de mejoramiento genético, utilizando la variabilidad genética (Berry y Evans, 2014). En condiciones normales de manejo los cuyes inician la vida reproductiva entre las 8 y 10 semanas de edad (Chauca, 2018). La duración promedio del ciclo estral es de 16 días (Shi et al., 2000). La hembra presenta una membrana vaginal que se abre por 4 días coincidiendo con la presentación del celo (Luna et al., 2003) y ovulando luego del primer día de la apertura vaginal (Sadeu et al., 2007). Esta especie puede producir hasta 8 óvulos por ciclo estral, con un promedio de crías por camada de tres, según genotipo. Esto indica que en esta especie podrían existir un alto índice de óvulos no fecundados y/o mortalidad embrionaria (Aranibar y Echevarría, 2014).

El cuy es una especie sumamente nerviosa (Nemeth et al., 2016a); por lo que, el entorno social juega un papel esencial en la modulación del eje hipotálamo-hipófisis-suprarrenal, que regula funciones fisiológicas y actividad gonadal (Nemeth et al. 2016b). Del mismo modo, el tipo de alimento y las condiciones de alojamiento pueden afectar el tamaño de camada y la productividad de la hembra (Li et al., 2014). Existen varios estudios que evalúan el efecto de diferentes dietas sobre diferentes índices reproductivos como fertilidad, abortos, natalidad, tamaño de camada al nacimiento y el destete en cuyes de genotipo mejorado (Trillmich et al., 2020; Sarria et al., 2019; Nemeth et al., 2017; Velásquez et al., 2017). Sin embargo, no existen publicaciones que evalúen las características seminales y el desempeño reproductivo del

genotipo nativo, teniendo en cuenta que aporta rusticidad a la especie

Cajamarca es la primera región en población cuyícola a nivel nacional (INEI, 2013), existiendo cuyes mejorados de alta productividad y también genotipo nativo, por lo que la Universidad Nacional de Cajamarca viene desarrollando una serie de trabajos de investigación con la finalidad de conservar, conocer y utilizar el germoplasma nativo de las diferentes localidades cajamarquinas. Los objetivos de la presente investigación fueron: 1) comparar las características del semen de cuyes reproductores nativos y mejorados y 2) evaluar el desempeño reproductivo y el cambio de peso corporal de las hembras en gestación y lactación, de los genotipos nativo cruzado y cuy mejorado en cruzamiento recíproco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio y procedencia de los animales

La presente investigación se realizó en el centro de investigación y promoción pecuaria "Huayrapongo" (CIPP-H) de la Universidad Nacional de Cajamarca, ubicado en el distrito de Baños del Inca, provincia de Cajamarca, Perú, entre las coordenadas 7°09'49"S y 78°27'44"O, a 2665 msnm.

Todos los cuyes (12 machos y 48 hembras) utilizados para este estudio nacieron y fueron criados en el CIPP-H. Las hembras tenían entre 12 y 14 semanas de edad, y los machos bordeaban los cuatro meses de edad. Todos los animales de primer empadre. Las diferencias en las coloraciones de pieles naturales permitieron una identificación individual.

Los animales nativos fueron obtenidos de trabajos de investigación anteriores, siguiendo el programa de cruzamientos que a continuación se indica: una vez colectado el germoplasma nativo de cuatro provincias cajamarquinas se realizaron los cruzamientos de los individuos de las provincias de San Miguel x Santa Cruz (línea A) y de San Marcos x Cajabamba (línea B). Los animales F1 obtenidos fueron apareados (línea A x línea B) para obtener descendencias F2, que son las que se utilizaron en el presente estudio. Luego, se seleccionaron 6 machos y 24 hembras nativos cruzados F2, que se aparearon con 24 hembras y 6 machos de cuyes mejorados (ecotipo Cajamarca), con la finalidad de obtener animales triple cruce terminal, mediante cruzamiento recíproco.

Alojamiento y alimentación

Los animales se alojaron en pozas de ladrillo con cama de viruta, a razón de cuatro hembras por macho (Figura 1), lo que resultó en seis grupos por cada genotipo. Las pozas de cada grupo (1 m x 1 m) contaban con su respectivo comedero y bebedero. Los animales se alojaron a una temperatura de 15 ± 5 °C y un ciclo de luz-oscuridad natural de 12 h.

El alimento diario provisto por cada poza fue de alfalfa, forraje verde ad libitum en dos suministros diarios, a las 8:00 y 16:00 horas, y 20 g de alimento balanceado tipo harina por cada animal, preparado manualmente, conteniendo 18% de proteína, 2.8 Mcal/kg de energía digestible, 3% de grasa cruda, 1% de Ca y 0.5% de P. Se proporcionó agua para beber en depósitos de arcilla, en horas de la mañana, al mismo

tiempo que se suministró el alimento balanceado. En la fase de gestación, luego de retirar de la poza al macho reproductor se mantuvo la misma dieta. Luego del parto, se suministró

alimento concentrado a razón de 30 g/hembra/día, durante toda la lactación.



Figura 1. Empadre de cuyes en pozas con un macho reproductor (encerrado con líneas rojas) y cuatro hembras. A) Macho mejorado con hembras nativas F2. B) Macho nativo F2 con hembras mejoradas

Colecta y evaluación del semen

Los cuyes machos fueron pesados y seleccionados de acuerdo con edad y peso vivo, buscando homogeneidad entre los grupos. Antes de iniciar la fase de apareamiento fueron sometidos a una evaluación seminal, utilizándose un único eyaculado. Las muestras se colectaron mediante electroeyaculación. Para ello, se evacuaron las heces del recto mediante la introducción de una sonda y posteriormente se introdujo el vástago con los electrodos en el recto, aplicando una intensidad de 3,5 a 4,0 voltios. Los estímulos se realizaron a través de la sonda rectal bipolar con 3 segundos de estímulos alternando con 10 segundos de descanso. Se aplicaron 15 ciclos de estímulo continuos hasta que cesaron los reflejos de estiramiento de extremidades posteriores y los movimientos pélvicos, como indicadores que la eyaculación ha concluido (Benavides et al., 2020). El semen se colectó en microtubos de 1.5 ml. El electro eyaculador es un dispositivo adaptado en el mismo laboratorio, que emite hasta 6 voltios de corriente alterna en forma de ondas a 50 ciclos por segundo.

El semen se analizó en el Laboratorio de Inmunología Veterinaria de la Universidad Nacional de Cajamarca. Después de mezclar semen con el diluyente, se colocó una gota de semen en un portaobjetos precalentado a 37 ° C y evaluado inmediatamente, dos veces a 400x mediante el uso del microscopio de luz Nikom-Eclipse E200F a 10x, a 37 ° C. Los resultados se expresaron como porcentajes de espermatozoides progresivamente móviles. La concentración espermática se determinó diluyendo el semen con suero fisiológico y contando los espermatozoides en la cámara de Neubauer en microscopio óptico a 400x.

La morfometría se evaluó mezclando 20 µl de semen con 20 µl de tinta china en una micropipeta, se realizó un extendido con 10 µl de la mezcla y luego del secado de las láminas portaobjeto se observó a 1000x por inmersión (Kvist y Bjorndahl, 2002) con microscopio Nikom-Eclipse E200F. Se realizaron las mediciones de longitud cefálica, ancho cefálico y longitud de flagelo.

Mediciones del desempeño reproductivo

Al momento de alojar las hembras en la poza de empadre fueron pesadas y sometidas a inspección vaginal visual para verificar la presencia de la membrana vaginal (requisito necesario en este estudio). Luego, se observó diariamente a las hembras y cuando se detectó la ausencia de esta membrana se registró en planillas, considerando ese día (primer día de ausencia de la membrana) como el inicio de la gestación.

Durante los 10 primeros días de empadre se realizó la indicada inspección vaginal, habiéndose determinado que las hembras fueron servidas por el macho en ese lapso. Sin embargo, el reproductor permaneció con las hembras durante tres días más, luego los machos fueron retirados a sus jaulas individuales. Estas acciones se realizaron con el objetivo de garantizar la presentación de un único celo de las hembras para su primera concepción. La mayoría de las hembras tuvieron partos durante la noche, por lo tanto, las crías fueron contadas, sexadas y pesadas 12 h después del parto a más tardar. También las crías que fueron encontradas muertas, pero completamente desarrolladas, fueron sexadas. La etapa de lactación se realizó en la misma poza de gestación y parto, realizándose el destete de las crías a los 14 días de edad. El peso corporal de las madres se registró en las siguientes instancias: al inicio del empadre (cuando ingresaban a la poza), al final de la gestación (65 días desde la ausencia de la membrana vaginal), después del parto y al momento del destete. Para ello se utilizó una balanza electrónica con capacidad de 6 kg y precisión de ± 1 g.

Análisis estadístico

Los análisis estadísticos se llevaron a cabo utilizando el software R versión 3.2.2. Se compararon los parámetros reproductivos entre los cruzamientos (hembra nativa x macho mejorado y hembra mejorada x macho nativo) utilizando pruebas de Chi-cuadrado para la proporción de crías nacidas vivas, sexo y la tasa de supervivencia al destete. Los tamaños de camada se analizaron mediante prueba de Mann-Whitney. Para el peso de las camadas, pesos individuales, ganancias de peso en lactación de las crías, pesos corporales de las hembras y características seminales se utilizó una prueba "t" de Student.

RESULTADOS

Características del semen

Las características generales del semen y los datos de la morfometría de los espermatozoides de cuyes nativos y mejorados se observan en la Tabla 1. Se observaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los genotipos en la concentración espermática y en la motilidad total. No se

observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en el volumen de los eyaculados ni en la morfometría de los espermatozoides entre los genotipos evaluados. El peso vivo de los reproductores fue diferente entre los genotipos (1041,7 + 56,4 vs 1173,8 + 92,2 g; para nativo y mejorado, respectivamente).

Tabla 1. Características del semen y morfometría de los espermatozoides de cuyes de cuatro meses de edad en los genotipos nativo y mejorado.

Características	Macho Nativo (n=6)	Macho Mejorado (n=6)	P-value
Volumen del eyaculado (ml)	0,37 ± 0,16	0,47 ± 0,09	ns
Concentración espermática ($N^{\circ} \times 10^6$ /ml)	8,5 ± 1,1	12,5 ± 2,1	*
Motilidad total (%)	79,8 ± 5,6	88,5 ± 5,1	*
Morfometría del espermatozoide			
Longitud cefálica (μ m)	8,4 ± 0,2	8,5 ± 0,3	ns
Ancho cefálico (μ m)	7,4 ± 0,2	7,7 ± 0,3	ns
Longitud del flagelo (μ m)	86,3 ± 6,3	88,2 ± 4,6	ns

* $p \leq 0,05$; ns, no significativo. Datos presentados como media + desviación estándar.

Número de partos y crías nacidas

De las 48 hembras, 45 quedaron preñadas en su primer estro, y tuvieron gestaciones y partos normales. Un total de 120 crías nacieron vivas y completamente desarrolladas. Mientras que, siete crías fueron encontradas muertas y completamente desarrolladas en la primera inspección del día, observándose restos de envolturas amnióticas en sus cuerpos. El número de partos, número total de crías, la proporción según sexo y la proporción de crías nacidas vivas y muertas, se observa en la Tabla 2.

Tabla 2. Número de partos, crías nacidas vivas y muertas y sexo en cuyes de primera gestación en los genotipos nativo y mejorado

Parámetros	Hembras Nativas	Hembras Mejoradas	P- value
Proporción hembras paridas/empadradas	23 / 24	22 / 24	0,859
Proporción crías nacidas vivas/ muertas	47 V / 3 M	73 V / 4 M	0,962
Proporción macho/ hembra			
Crías nacidas vivas	20 ♂ / 27 ♀	36 ♂ / 37 ♀	0,892
Crías nacidas muertas	1 ♂ / 2 ♀	3 ♂ / 1 ♀	0,324

Tamaño de camada y pesos de las crías nacidas y destetadas

Se encontraron diferencias estadísticas entre los cruzamientos evaluados en el tamaño de camada al nacimiento y al destete, también en el peso de la camada nacida y destetada, y mortalidad de las crías lactantes, siendo superiores en las madres mejoradas ($p \leq 0,05$) (Tabla 3). Sin embargo, el peso al nacimiento individual no fue diferente entre los cruzamientos, pero sí el peso de cría destetada (Tabla 3).

Tabla 3. Tamaño de camada, peso de las crías al nacimiento y destete, ganancias de peso y mortalidad de crías provenientes de cuyes de primera gestación según genotipo¹.

Parámetros	Hembras Nativas	Hembras Mejoradas	P- value
Tamaño de camada nacida viva ²	1,9	3,0	*
Tamaño de camada al destete ²	1,8	2,9	*
Peso de camada nacida ³ , g	246,5 ± 82,7	406,4 ± 89,1	*
Peso de camada destetada ³ , g	439,6 ± 174,9	738,4 ± 172,6	*
Peso de la cría nacida ³ , g	133,9 ± 21,4	136,1 ± 15,1	ns
Peso de la cría destetada ³ , g	231,6 ± 17,3	245,7 ± 20,8	*
Ganancia de peso en lactación/ camada ³ , g	193,2 ± 94,2	332,0 ± 94,7	*
Ganancia de peso de lactación/ cría ³ , g	97,6 ± 9,1	109,5 ± 14,9	*
Mortalidad de crías lactantes ⁴ , %	4,0	5,2	**

** $p \leq 0,01$; * $p \leq 0,05$; ns, no significativo.

¹ Camadas obtenidas a partir de n= 23 partos del genotipo nativo y n=22 partos del genotipo mejorado.

Cambios en el peso corporal de las madres

Desde el inicio del empadre y hacia el final de la gestación, parto y lactación, la variación del peso corporal en las madres difirió significativamente entre los dos genotipos ($p \leq 0,05$). La masa corporal se incrementó al final de la gestación y el peso medio de las hembras fue de 1662,17 y 1707,36 g, en genotipo nativo y mejorado, respectivamente. Luego del parto, disminuyó el peso corporal hasta 1121,79 y 1267,92 g en nativas y mejoradas, respectivamente; llegando al final de la lactación (14 días post-parto) con pesos de 1207,42 y 1342,38 g para el genotipo nativo y mejorado, respectivamente. En relación con la masa corporal observada

al inicio del empadre, los dos grupos genéticos incrementaron su peso vivo después del parto y al final de la lactación (Figura 2).

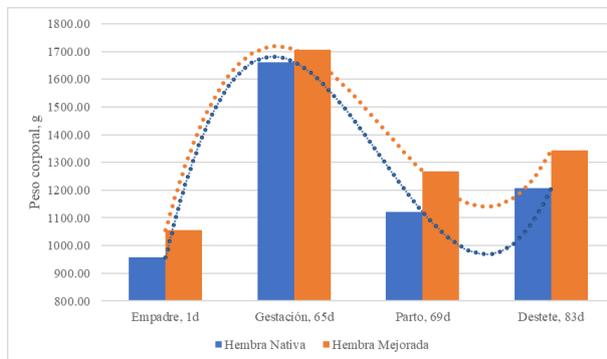


Figura 2. Variación del peso corporal medio en cuyes hembras de primera gestación del genotipo nativo (n=23) y mejorado (n=22) al inicio del empadre, final de gestación, al parto y al destete ($p \leq 0,05$).

DISCUSIÓN

Al comparar las características seminales, no se encontraron diferencias significativas en el volumen entre los genotipos. Esto podría deberse al elevado coeficiente de variación, de 43 % para los datos de los machos nativos ($0,16/0,37 \times 100$) y de 19% para los machos mejorados ($0,09/0,47 \times 100$). A pesar de tal dispersión en los valores, los volúmenes de los eyaculados en ambos genotipos fueron superiores a los reportados por Pinduisaca (2018) en cuyes mejorados ($0,22 + 0,06$ ml), aunque en concordancia con nuestros valores este autor también observó un coeficiente de variación alto (27,3%). También los valores de volumen de los eyaculados evaluados en esta investigación se encuentran dentro del rango que indican Benavides et al. (2020) en reproductores de la raza Perú, quienes calcularon un coeficiente de variación mayor al nuestro (74,6%: $0,5/0,67 \times 100$). Todos estos datos confirman la alta variabilidad que existe en el volumen de semen producido por los cuyes, ya sean nativos o mejorados. Respecto de la concentración espermática; la de los cuyes mejorados fue mayor que la de los cuyes nativos, pero en ambos genotipos fue más baja que el promedio encontrado en cuyes de raza Perú, donde observaron concentraciones de $21,33 \times 10^6 + 11,29$ (Aragón 2019). Aunque los resultados de concentración de Aragón (2019) presentaron un mayor coeficiente de variación y los machos tuvieron mayor edad, que los evaluados en el presente estudio. Los valores de motilidad determinados (79,8 y 88,5%), tanto en cuyes nativos y mejorados se encuentran dentro del rango reportado por Benavides et al., (2020), quienes reportan valores mínimo y máximo de 63 y 99% en cuyes de raza Perú, colectados bajo similares mecanismos de electroeyaculación; lo cual es importante considerar cuando se comparan indicadores de motilidad. Además, la medición de la motilidad en cuyes se dificulta debido al apilamiento complejo de los espermatozoides (Caycedo, 2000)

El tamaño de camada al nacimiento fue diferente entre los cruzamientos, siendo mayor en las camadas obtenidas por madres mejoradas servidas con machos nativos. Estas diferencias podrían atribuirse a la mayor capacidad de las

madres mejoradas con relación a las nativas, aunque es importante considerar también que el tamaño de la camada combina las capacidades de la hembra y del macho, relacionada con la calidad seminal, que no es sólo una estimación específica de la función testicular, sino que se encuentra asociada a la tasa de fertilidad, como sucede en cerdos (Valverde-Abarca et al., 2019). A partir de los resultados se infiere que a pesar de que el semen de los cuyes nativos presentó una menor concentración espermática al momento de la evaluación, la misma fue suficiente para que las hembras mejoradas muestren su habilidad de alcanzar mayor tamaño de camada, que las hembras nativas. Sin embargo, hay que tener en cuenta que quizás en el momento del servicio la concentración puede haber sido mayor que cuando se colectó, lo cual no fue evaluado en el presente estudio, asimismo no se conoce si con la electroeyaculación el macho eyacula lo mismo que eyacula en un servicio. Por otro lado, los tamaños de camada de los cuyes provenientes del cruzamiento de hembras nativas con machos mejorados fueron inferiores en comparación a lo encontrado por Delgado (2012), quien reporta tamaños de camada al nacer en genotipo nativo de 2,47 y 2,32; diferencias debidas posiblemente a las condiciones ambientales en la que se desarrollaron las investigaciones, y porque, la adaptación a la variedad de prácticas, entornos de manejo y condiciones ambientales cambiantes influyen en el rendimiento biológico (McAllister et al., 2019). En cuanto al peso individual de las crías al nacimiento y al destete se concuerda con masas corporales individuales reportadas por Bustios et al. (2018) aunque con tamaños de camada mayores de 3,21. Sarria et al. (2019) muestra mejores pesos individuales al nacimiento (157 y 166 g) y al destete (310 y 339 g) que los reportados en la presente investigación; sin embargo, los pesos de las crías del genotipo nativo en triple cruzamiento recíproco, en sus dos cruzamientos están en el rango de pesos reportados por Chauca (2018). Cabe resaltar, que las hembras evaluadas en esta investigación fueron fertilizadas aprovechando la presentación de un celo único y fueron hembras de primer servicio, lo que debería tenerse en cuenta para calificar y comparar a las reproductoras, debido a que el tamaño de camada está influenciado por el número de partos, siendo menor en hembras de primer parto que en hembras de segundo a sexto parto (Rodríguez et al., 2015). Sin embargo, en esta investigación, el menor tamaño de camada no afectó el peso individual de las crías al nacimiento tal como lo reporta Manjeli et al. (1998) quienes observaron que las crías de hembras que nacen en camadas más grandes generalmente muestran una masa corporal más baja con una mayor tasa de mortalidad; constatándose en el presente estudio, lo concerniente a la mortalidad, siendo esta mayor en las crías de hembras mejoradas que en las de hembras nativas que tuvieron menor tamaño de camada.

La mortalidad de crías lactantes procedentes de madres mejoradas fue mayor que la de crías de madres nativas, aunque la diferencia entre tamaños de camada nacida y destetada en ambos genotipos no superó el 0,2 en comparación con otros trabajos que reportan diferencias entre camada destetada y nacida de 0,4 en cuyes mejorados (Sarria et al., 2019). La mortalidad de crías al nacimiento fue de 6,4% y 4,6% en lactación como promedio de ambos cruzamientos de cuyes mejorados x nativos, lo cual es menor a lo reportado por Bustios et al. (2018) quienes observaron en genotipos mejorados hasta un 15% de crías muertas al nacimiento y una

mortalidad de crías en lactación del 12,7%. Tales evidencias podrían indicar que la incorporación del genotipo nativo transmite rusticidad al cuy, reduciendo la tasa de mortalidad de crías al nacimiento y destetadas. Por otro lado, no se encontraron diferencias en la proporción de crías machos y hembras nacidos vivos y muertos entre los cruzamientos, coincidente con las proporciones encontradas por Nemeth et al. (2017); sin embargo, se debe considerar, que el sexo de las crías guarda relación con la mayor ingesta de dietas energéticas y una buena condición corporal de la madre, que favorecen el nacimiento de la descendencia masculina (Ronsenfeld y Roberts, 2004).

En cuanto al peso inicial de las madres, este fue diferente entre genotipos (956,4 nativas y 1054,9 g mejoradas), aun cuando la edad de las hembras fue similar y ambos grupos ingresaron por primera vez al empadre. La condición corporal de la futura madre es importante en su desempeño reproductivo. Se ha demostrado en pequeñas especies vivíparas que la baja condición corporal puede inhibir la foliculogénesis y la ovulación, mientras que la obesidad disminuye la probabilidad de concebir (Naulleau y Bonnet, 1996); sin embargo, en cuyes se ha logrado obtener mayor descendencia con hembras más gordas, con 140 g de grasa corporal respecto de madres con 40 g de grasa, al momento del empadre (Michel y Bonnet, 2012). En el presente estudio el peso corporal de las hembras en las diferentes etapas reproductivas tuvo un crecimiento polinomial, con una variación marcada por la diferencia en el peso inicial, manteniéndose estas diferentes masas corporales entre los genotipos hasta el destete. El peso corporal de las hembras reproductoras del presente estudio concuerda con lo reportado por Sarria et al. (2019) y Nemeth et al. (2017) en cuanto a la tendencia natural de las hembras de incrementar su peso en gestación, seguido de la caída del peso al parto, sin embargo, no se coincide con la subsiguiente baja de peso en la fase de lactación de las reproductoras evaluadas por Nemeth et al. (2017). Este diferente y positivo desarrollo somático de las hembras nativas y mejoradas del presente estudio en la fase de lactación podría deberse a que la oferta nutricional cubrió las exigencias de las hembras lactantes, al incrementárseles el suplemento de pienso concentrado, y quizás porque no tuvieron mayor esfuerzo gestacional debido al menor número de fetos y crías producidas (Elías et al., 2016).

CONCLUSIONES

La calidad seminal de los cuyes machos no influyó en el desempeño reproductivo de las hembras. Cuyes hembras nativas F2 de primera gestación, tuvieron tamaños y pesos de camadas inferiores a los observados en las reproductoras mejoradas. La mortalidad de crías al nacimiento y destete se reduce al incorporarse el genotipo nativo en cruzamientos con genotipo mejorado. La diferencia de peso corporal de las hembras reproductoras de primera gestación está influenciada por el genotipo, siendo inferior en las hembras nativas desde el inicio del empadre.

CONFLICTO DE INTERESES

No hay conflictos de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

La concepción y diseño del estudio (JM), adquisición de datos (JG, JM), análisis e interpretación de datos (JM, MP, PO), redacción del artículo (MP, PO), aprobación definitiva de la versión a presentar (MP, JG, JM, PO).

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio fue realizado en el Centro de investigación y promoción pecuaria "Huayrapongo" de la Universidad Nacional de Cajamarca, que facilitó el uso de todo el material biológico, alojamientos y materiales de campo.

REFERENCIAS

- Aragón S. Características macroscópicas, microscópicas, estimación de parámetros de motilidad y determinación de subpoblaciones espermáticas en semen de cuy (*Cavia porcellus*). Tesis Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional San Antonio Abad del Cuzco. Disponible:
- http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/UNSAAC/4280/253T20190366_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Aranibar E, Echevarría L. Número de ovulaciones por ciclo estrual en cuyes (*Cavia porcellus*) andina y Perú. *Rev. Inv. Vet. Perú* 2014; 25(1):29-36.
- Bazán V, Bezada S, Carcelén F, Yamada G. Efecto de la infección subclínica de *Salmonella Typhimurium* sobre los parámetros productivos en la producción de cuyes de engorde (*Cavia porcellus*). *Rev Inv Vet Perú* 2019; 30(4):1697-1706.
- Benavides F, Sutovsky P, López V, Kennedy C, Echevarría L. Semen Parameters of Fertile Guinea Pigs (*Cavia porcellus*) Collected by Transrectal Electroejaculation. *Animals* 2020; 10:767.
- Berry DP, Evans RD. Genetics of reproductive performance in seasonal calving beef cows and its association with performance traits. *J Anim. Sci.* 2014; 92:1412-1422.
- Bustíos C, Vergara V, Chauca L. Suplementación de β -caroteno en dietas balanceadas con exclusión de forraje en cuyes (*Cavia porcellus*) reproductoras hembras. *Rev Inv Vet Perú* 2018; 29(3):756-764
- Castro S, Lopez JA, Pecina JA, Mendoza MC, Reyes CA. Exploración de germoplasma nativo de maíz en el centro y sur de Tamaulipas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2013;.4(4): 645-653.
- Caycedo, A. Contribución al desarrollo tecnológico de la especie. Experiencias investigativas en la producción de cuyes; Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias: Pasto, Colombia, 2000: 323pp.
- Chauca L. Crianza de cuyes 1ª edición. Instituto Nacional de Innovación Agraria; 2018: 80pp.
- Delgado E. Performance reproductiva y productiva de ocho líneas nativas y dos líneas mejoradas de cuyes en la región Cajamarca. 2012. Tesis Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional de Cajamarca.

- Elias AA, Ghaly A, Matuszewski B, Regnault TRH, Richardson BS. Maternal nutrient restriction in guinea pigs as an animal model for inducing fetal growth restriction. *Reprod Sci.* 2016; 23:219–227.
- Fox J, Anderson L, Otto G, Pritchett-Corning K, Whary M. *Laboratory animal medicine.* 3rd ed. Elsevier; 2015: 1663 pp.
- INEI 2013 Resultados Definitivos. IV Censo Nacional Agropecuario 2012. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Lima, Perú. 62 pp. Acceso 16 junio 2020.
- <http://proyectos.inei.gob.pe/web/DocumentosPublicos/RresultadosFinalesVCENAGRO.pdf>.
- Kvist, U.; Bjorndahl, L. *ESHRE Monographs—Manual in Basic Semen Analysis*; Kvist, U., Bjorndahl, L., Eds. Oxford University Press: Oxford, UK, 2002.
- Luna F, Cortés M, Flores M, Hernández B, Trujillo A, Domínguez R. The effects of superior ovarian nerve sectioning on ovulation in the guinea pig. *Reprod Biol Endocrinol* 2003; 1: 61.
- Li X, Baidoo SK, Li YZ, Shurson GC, Johnston LJ. Interactive effects of distillers dried grains with solubles and housing system on reproductive performance and longevity of sows over three reproductive cycles. *J. Anim. Sci.* 2014; 92:1562–1573.
- McAllister T, Basarab J, Guan L. Strategies to improve the efficiency of beef cattle production. *J. Anim. Sci.* 2019; 97(IS3):183.
- Manjeli Y, Tchoumboue J, Njwe RM, Tegua A. Guinea-pig productivity under traditional management. *Trop Anim Health Prod.* 1998; 30:115–122.
- Márquez N, Valencia R, Chauca L, Verde G. Estudio anatómico del glándula del cuy (*Cavia porcellus*) de la raza Perú. *Rev Inv Vet Perú* 2019; 30(3):995-1002.
- Michel CL, Bonnet X. Influence of body condition on reproductive output in the guinea pig. *J. Exp. Zool.* 2012; 317:24–31.
- Mínguez C, Calvo A, Zeas VA, Sánchez D. A comparison of the growth performance, carcass traits, and behavior of guinea pigs reared in wire cages and floor pens for meat production. *Meat Science* 2019; 152: 38–40.
- Mínguez C, Calvo A. Effect of supplementation with fresh orange pulp (*Citrus sinensis*) on mortality, growth performance, slaughter traits and sensory characteristics in meat guinea pigs. *Meat Science* 2018; 145:51-54.
- Naulleau G, Bonnet X. Body condition threshold for breeding in a viviparous snake. *Oecologia* 1996; 107:301–306.
- Nemeth M, Millesi E, Siutz C, Wagner KH, Quint R, Wallner B. Reproductive performance and gestational effort in relation to dietary fatty acids in guinea pigs. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 2017; 8:28.
- Nemeth M, Pschernig E, Wallner B, Millesi E. Non-invasive cortisol measurements as indicators of physiological stress responses in guinea pigs. *Peer J.* 2016a; 4: e1590.
- Nemeth M, Millesi E, Puehringer-Sturmayer V, Kaplan A, Wagner KH, Quint R, Wallner B. Sex-specific effects of dietary fatty acids on saliva cortisol and social behavior in guinea pigs under different social environmental conditions. *Biology of Sex Differences* 2016b; 7:51.
- Pinduisaca K. *Colecta y evaluación de semen de cuyes (Cavia porcellus), extraído por la técnica de electroeyaculación en el Centro Experimental Uyumbicho.* Tesis Médico Veterinario y Zootecnista. Universidad Central del Ecuador. Disponible: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/15292/1/T-UCE-0014-070-2018.pdf>.
- Rodríguez H, Gutiérrez G, Palomino M, Hidalgo V. Características Maternales al Nacimiento y Destete en Cuyes de la Costa Central del Perú. *Rev Inv Vet Perú* 2015; 26(1):77-85.
- Rosenfeld CS, Roberts RM. Maternal diet and other factors affecting offspring sex ratio: A review. *Biol Reprod.* 2004; 71:1063–1070.
- Sadeu JC, Adriaens I, Cortvrindt R, Smits J. Study of folliculogenesis in vivo in guinea pig. *Theriogenology* 2007; 68:1228-1239.
- Salvatierra G, Rimac R, Chero A, Reyna I, Rosadio R, Maturrano L. Resistencia antimicrobiana y genotipificación de cepas de *Salmonella Typhimurium* aisladas de cuyes (*Cavia porcellus*) provenientes de granjas de producción intensiva de la ciudad de Lima, Perú. *Rev Inv Vet Perú* 2018; 29(1):319-327
- Sánchez-Macías D, Barba-Maggi L, Morales-de la Nuez A, Palmay-Paredes J. Guinea pig for meat production: A systematic review of factors affecting the production, carcass and meat quality. *Meat Science* 2018; 143:165–176.
- Sarria JA, Vergara V, Cantaro JL, Rojas PA. Evaluación de niveles de energía digestible en dos sistemas de alimentación en la respuesta productiva y reproductiva de cuyes (*Cavia porcellus*). *Rev Inv Vet Perú* 2019; 30(4):1515-1526.
- Shi F, Watanabe G, Trewin A, Hutz R, Taya K. Localization of ovarian inhibin/activin subunits in follicular dominance during the estrous cycle of guinea pigs. *Zool Sci* 2000; 17:1311-1320.
- Trillmich F, Guenther A, Jäckel M, Czirják GA. Reproduction affects immune defenses in the guinea pig even under ad libitum food 2020; *PLoS ONE* 15(3): e0230081.
- Valverde-Abarca A, Madrigal-Valverde M, Solís-Arias J, Paniagua-Madrigal W. Variabilidad en los métodos de estimación de la concentración espermática en verracos. *Agronomía Costarricense* 2019; 43(2):25-43
- Velásquez S, Jiménez R, Huamán A, San Martín F, Carcelén F. Efecto de tres tipos de empadre y dos tipos de alimentación sobre los índices reproductivos en cuyes criados en la sierra peruana. *Rev Inv Vet Perú* 2017; 28(2):359-369.