

Fisiología animal

Artículos cortos

Análisis del índice de temperatura-humedad sobre la mortalidad y el peso corporal de cuyes (*Cavia porcellus*) de la línea sintética en Moquegua, Perú

Analysis of temperature-humidity on mortality any body growth of guinea pigs (*Cavia porcellus*) of synthetic line in Moquegua, Peru

 Martha Helena Jahuira Arias^{1*}  Janeth Arias Tuco¹
 Francis Renato Diaz Garmendia¹  Lilia Janine Chauca Francia¹

¹Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Estación Experimental Agraria Moquegua, Moquegua, Perú.

*Autor de correspondencia: Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). Panamericana sur Km 4,5 Sector Montalvo, Mariscal Nieto, Moquegua 18000 Perú. ct_moquegua@inia.gob.pe

Recibido: 27 de mayo de 2020
Aprobado: 10 de agosto de 2021
Publicado: 07 de marzo de 2022

Editor temático: José Guillermo Velásquez Penagos, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA]

Para citar este artículo: Jahuira-Arias, M. H., Arias Tuco, J., Díaz Garmendia F., & Chauca Francia, L. (2022). Análisis del índice de temperatura-humedad sobre la mortalidad y el peso corporal de cuyes (*Cavia porcellus*) de la línea sintética en Moquegua, Perú. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 23(2). https://doi.org/10.21930/rcta.vol23_num1_art:2014

Resumen: En este estudio se analizó la relación de la temperatura (T), humedad relativa (HR) e índice de temperatura-humedad (ITH) sobre la mortalidad y el peso corporal de cuyes (*Cavia porcellus*) de la línea sintética en la ciudad de Moquegua, Perú. Para ello, se evaluaron 157 cuyes entre octubre del 2019 y marzo del 2020, a través del análisis de la variabilidad y los niveles de asociación entre T, HR, ITH, mortalidad y peso. Los datos fueron procesados en STATA IC14. Los resultados de T, HR e ITH registrados mensualmente mostraron cambios altamente significativos ($p < 0,001$), al igual que el peso entre machos y hembras ($p < 0,05$). Los coeficientes de correlación estadísticamente significativos se hallaron entre el peso de cuyes machos y T a la semana 4 ($r = -0,345$) y a la 6 ($r = -0,352$); HR, a la semana 4 ($r = -0,388$) y a la 6 ($r = -0,387$); e ITH, a la semana 4 ($r = -0,387$) y a la 6 ($r = -0,374$). No se demostró correlación entre la mortalidad e ITH ($p > 0,05$); además, se observó un incremento en la mortalidad en situación de estrés ($ITH > 72$). El incremento de peso de cuyes machos mostró tendencia lineal a $ITH \leq 72$ ($r^2 = 0,993$) e $ITH > 72$ ($r^2 = 0,994$). De igual manera, el incremento de peso de las hembras mostró tendencia lineal a $ITH \leq 72$ ($r^2 = 0,996$) e $ITH > 72$ ($r^2 = 0,997$).

Palabras clave: cuy (cobaya), factores ambientales, humedad, mortalidad, peso corporal, producción animal, temperatura.

Abstract: This study analyzed the relationship of temperature (T), relative humidity (RH) and temperature-humidity index (THI) on mortality and the body weight of guinea pigs (*Cavia porcellus*) of the synthetic line, 157 guinea pigs were evaluated between October 2019 and March 2020. The variability and association level of T, RH and THI, mortality and body weight were analyzed. The data was processed in the STATA IC14. The results of T, RH and THI recorded monthly showed a significant variability ($p < 0.001$), the same way the body weight between males and females ($p < 0.05$). Statistically significant correlation coefficients were recorded between weight body male and T at week 4 ($r = 0.345$) and week 6 ($r = -0.352$), RH at week 4 ($r = 0.388$) and week 6 ($r = -0.387$), THI at week 4 ($r = -0.387$) and week 6 ($r = -0.374$). No correlation was demonstrated between mortality and THI ($p > 0.05$) we also observed the mortality (%) increase at $THI > 72$. The body weight in male guinea pigs showed a linear trend at $THI \leq 72$ ($r^2 = 0.993$) and $THI > 72$ ($r^2 = 0.994$) as well as the weight in female guinea pigs $THI \leq 72$ ($r^2 = 0.996$) and $THI > 72$ ($r^2 = 0.997$).

Keywords: animal performance, environmental factors, guinea pigs, humidity, mortality, temperature, body weight.



Introducción

El cuy o cobayo (*Cavia porcellus*) es un mamífero monogástrico, herbívoro, originario de Sudamérica (Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú). Su crianza es destinada fundamentalmente a la producción de carne (Chauca, 2020). En países en desarrollo, el interés por la crianza de cuyes está creciendo exponencialmente debido a su apreciación como fuente de proteína con valores aproximados del 19,5 % (Sánchez-Macías et al., 2018; Xicohtencatl-Sánchez et al., 2013). La crianza de cuyes es considerada una actividad económica que genera cadenas productivas (Chauca, 2020).

El Perú es considerado el mayor productor de cuy. Durante el 2019, este país fue el mayor exportador mundial de carne de cuy con valores de 11.600 t, lo que representó un incremento de 16,6 % con respecto a las exportaciones del 2018 (Ministerio de Agricultura y Riego [Minagri], 2020).

A través de la introducción de prácticas de manejo y mejoramiento genético se ha logrado obtener mejores parámetros productivos de la especie (Solarte et al., 2007). El Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) del Perú ha realizado investigaciones de selección y cruzamiento, siendo la “Línea sintética o interracial” el producto del cruzamiento de tres razas (Perú, Inti y Andina), caracterizada por sus atributos de precocidad, calidad cárnica, fertilidad, prolificidad, adaptabilidad y resistencia (Chauca, 2004; Chauca et al., 2013).

El cuy posee la capacidad de adaptarse a una amplia variedad de climas; sin embargo, los rendimientos óptimos en la crianza de cuyes se logran a temperaturas entre los 18 °C y los 22 °C para su adecuado manejo productivo (Arias & Araujo., 2013). Todos los animales de granja requieren ambientes que les permitan el confort térmico; en otras condiciones su potencial productivo puede ser afectado por factores ambientales como la temperatura (hipotermia, hipertermia) (Chauca, 2020). Actualmente, el índice de temperatura-humedad (ITH) es un valor único que representa el efecto combinado de la temperatura y humedad asociados al nivel de estrés térmico, que ha sido reconocido como el factor principal que afecta directamente la producción en los animales de granja.

Cuando el valor del ITH está dentro de los rangos adecuados (≤ 72) o en zona termoneutral, los animales mantienen sus mecanismos termorreguladores y logran un adecuado crecimiento, utilizando correctamente su consumo energético; de lo contrario, los animales utilizan su energía para mantener la homeostasis en rangos adecuados, lo que puede llevar a efectos negativos en su productividad (Dimov et al., 2020; Habeed et al., 2018). Además, el cambio climático puede agravar el problema de confort térmico. Dimov et al. (2020) sugieren que la predicción del IHT permitiría el manejo oportuno para reducir los efectos negativos por estrés calórico.

En los últimos años, el INIA ha realizado investigaciones del comportamiento en la línea sintética en la costa central; no obstante, no hay reportes de los efectos del ITH en la crianza de cuyes. En este contexto, el objetivo de este estudio es analizar el efecto de las variables ambientales de temperatura, humedad e ITH sobre la mortalidad y el peso corporal de cuyes de la línea sintética en la ciudad de Moquegua, Perú.

Materiales y métodos

Ubicación del estudio

El presente trabajo se realizó en el centro de producción de reproductores de cuyes de la línea sintética de la EEA Moquegua (figura 1), ubicada en la carretera Panamericana Sur km 4,5, sector Montalvo, en la provincia y departamento de Moquegua, a una altitud promedio de 1.410 m s. n. m., con un clima que varía entre cálido y templado, y con una temperatura promedio anual de 17,1 °C. El centro de reproductores tiene un área de 86,4 m², con una infraestructura de adobe y quincha, con 24 pozas, cada una de 1,05 × 1,0 × 0,45 m, construida con base en cemento, paredes de fierro corrugado y malla de acero galvanizado.

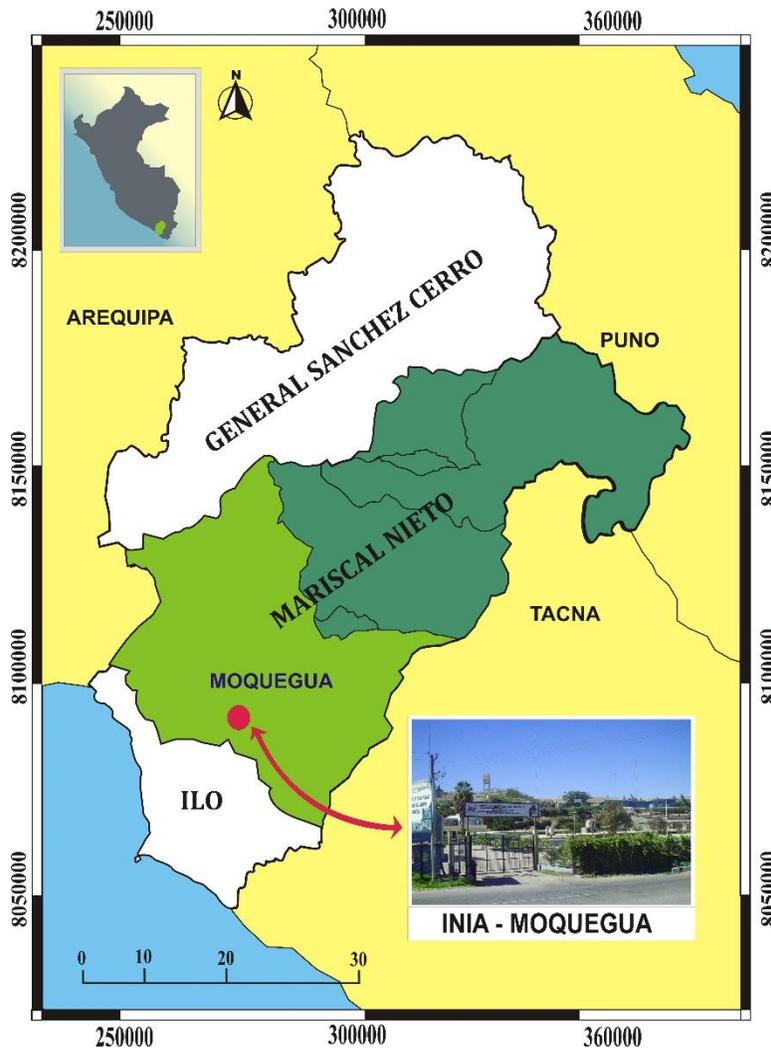


Figura 1. Ubicación de la Estación Experimental Agraria (INIA) Moquegua

Fuente: Elaboración propia

Temperatura-humedad

Los datos de las variables ambientales temperatura (T) mínima y máxima, humedad relativa (HR) mínima y máxima e índice de temperatura-humedad (ITH) fueron colectados diariamente durante los meses de octubre del 2019 a marzo del 2020. Para la medición de T y HR se utilizó un termómetro ambiental e higrómetro digital instalados en el interior del galpón. El ITH se calculó según lo indicado por Gaughan et al. (2013).

$$\text{ITH (\%)} = 0,8 * \text{Temperatura} + [(\text{HR} * 0,01) * (\text{Temperatura} - 14,4)] + 46,4 \quad \text{Ecuación 1}$$

Se estimaron los valores promedio mensuales de cada variable ambiental. Según el valor de ITH (Habbad et al., 2018), dichos valores se clasificaron en dos subgrupos: $\text{ITH} \leq 72$ (ausencia de estrés) e $\text{ITH} > 72$ (situación de estrés moderado).

Animales

Se evaluaron 157 cuyes nacidos de la línea sintética, procedentes de reproductores proveídos del Programa de Nacional de Cuyes del Instituto Nacional de Innovación Agraria de la ciudad de Lima. Los reproductores se mantuvieron en pozas de crianza, en una relación de empadre de 1:7. Los animales fueron identificados al nacimiento con aretes metálicos y al destete fueron trasladadas a otras pozas ubicadas dentro del mismo ambiente. La evaluación se realizó durante los meses de octubre del 2019 y marzo del 2020.

Mortalidad

También se evaluó la mortalidad (%) al nacimiento. Para ello, se empleó la siguiente fórmula:

$$\% M = \frac{\text{Cuyes muertos (CM)}}{\text{Total de crías nacidas (TCN)}} * 100 \quad \text{Ecuación 2}$$

Peso corporal

Para el registro de pesos, se utilizó una balanza electrónica de 5 kg de capacidad y 1 g de sensibilidad. Se obtuvieron los valores de peso al nacimiento (semana 0), destete (semana 2), semana 4, semana 6 y semana 8 de edad. A todos los animales se les suministró alimentación mixta diaria, compuesta por 150 g de alfalfa y alimento balanceado *ad libitum*.

Análisis de datos

Los datos obtenidos fueron analizados a través del *software* de STATA IC14. Se realizó análisis estadístico descriptivo de las variables T, HR e ITH, así como del peso corporal de cuyes, considerando el sexo (macho, hembra), y análisis de varianza (ANOVA) de las variables. Por otro lado, se estimó el nivel de asociación entre T, HR, ITH y el peso corporal analizados por sexo, el nivel de asociación entre el $\text{ITH} \leq 72$ e $\text{ITH} > 72$ y la mortalidad. Finalmente, se determinó la tendencia lineal entre el peso corporal en cuyes e ITH. Los valores de $p < 0,05$ fueron considerados estadísticamente significativos.

Resultados y discusión

Análisis de temperatura-humedad

La tabla 1 muestra la variabilidad de la T y HR de las pozas de crianza. Como se observa, los valores mensuales de T presentaron variabilidad altamente significativa ($p < 0,001$); la de menor valor se presentó en octubre ($22,9 \text{ °C} \pm 1,0$), y fueron aumentando gradualmente, siendo la más alta en marzo ($25,6 \text{ °C} \pm 0,8$). De igual forma, este aumento gradual se observó en la HR ($p < 0,001$), con un valor promedio mínimo en octubre ($42,1 \pm 4,3$) y un valor máximo en enero ($57,4 \pm 8,5$). Este comportamiento se debió posiblemente al aumento de lluvias durante el mes de enero (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología en el Perú [Senamhi], 2020). Con respecto al ITH, los valores promedios mínimos se presentaron en octubre ($71,1 \pm 1,1$), mientras que el máximo ocurrió en marzo ($75,9 \pm 0,9$).

De acuerdo con lo reportado por Caycedo (2000), el rendimiento óptimo en cuyes se logra a temperaturas que oscilan entre 18 °C y 24 °C , con una humedad relativa de 45 % a 70 %. Arias y Araujo (2013) afirmaron que, para obtener rendimientos óptimos en la crianza de cuyes, las temperaturas adecuadas están en el rango de los 18 °C y 22 °C . Con base en esto, la mayoría de nuestros resultados de temperatura supera los valores antes mencionados; asimismo, la humedad registrada se encuentra ligeramente por encima de los valores recomendados, lo que podría llevar al animal a condiciones de disconfort que lo pueden conducir a un estrés térmico.

Consecuentemente, los valores de ITH se incrementan en relación con la temperatura y HR. En condiciones con $ITH > 72$, se interpreta que los animales se encuentran en situación de estrés moderado (Armstrong, 1994). Pese a que se ha reportado que los animales pequeños presentan una mejor tolerancia al estrés térmico en comparación con mamíferos de mayor tamaño (Habeed et al., 2018), recientemente se ha reportado que los cuyes son más sensibles a condiciones de estrés por calor que al frío, reafirmando que los cuyes requieren de condiciones de confort térmico para expresar su potencial productivo (Chauca, 2020).

Tabla 1. Valores promedio y desviación estándar, máximos y mínimos de temperatura, humedad relativa e índice temperatura-humedad, durante los meses de octubre del 2019 a marzo del 2020.

Temperatura/humedad	Octubre 2019	Noviembre 2019	Diciembre 2019	Enero 2020	Febrero 2020	Marzo 2020
	X ± DS	X ± DS	X ± DS	X ± DS	X ± DS	X ± DS
Temperatura (°C)	a	b	C	d	e	f
Promedio	22,9 ± 1,0	24,3 ± 0,9	24,4 ± 0,8	24,8 ± 1,0	25,3 ± 0,6	25,6 ± 0,8
Máximo	29,1 ± 1,6	29,9 ± 3,7	29,8 ± 0,8	29,1 ± 2,0	29,8 ± 1,2	30,2 ± 1,4
Mínimo	16,6 ± 1,0	18,7 ± 1,1	19,0 ± 0,9	20,5 ± 0,7	20,8 ± 0,5	21,0 ± 0,8
Humedad relativa (%)	a	b	C	d	e	f
Promedio	42,1 ± 4,3	43,7 ± 3,8	45,0 ± 2,8	57,4 ± 8,5	56,7 ± 6,3	55,7 ± 3,7
Máximo	57,3 ± 6,0	56,9 ± 4,7	58,2 ± 3,6	70,7 ± 7,1	72,2 ± 8,3	71,0 ± 3,2
Mínimo	26,9 ± 4,9	30,4 ± 3,7	31,7 ± 2,8	44,0 ± 10,5	41,2 ± 6,0	40,3 ± 5,2
ITH	a	b	C	d	e	f
Promedio	71,1 ± 1,1	72,8 ± 1,0	73,1 ± 1,0	74,7 ± 1,1	75,6 ± 0,7	75,9 ± 0,9
Máximo	80,5 ± 2,4	81,5 ± 1,6	81,6 ± 1,2	82,3 ± 2,7	83,7 ± 1,5	84,3 ± 2,1
Mínimo	61,6 ± 1,2	64,1 ± 1,4	64,5 ± 1,1	67,1 ± 1,3	67,4 ± 0,9	67,5 ± 1,1

Nota: Diferentes letras dentro de una misma fila son significativamente diferentes ($p < 0,05$). ITH (índice temperatura-humedad); SD (desviación estándar). Octubre 1 a 31 (4 semanas); noviembre 1 a 30 (4 semanas); diciembre 9 a 31 (3 semanas); enero 1 a 31 (4 semanas); febrero 1 a 29 (4 semanas); marzo 1 a 31 (4 semanas).

Fuente: Elaboración propia

Peso corporal

En la tabla 2 se presenta la estadística descriptiva (promedio, desviación estándar, coeficiente de variación e intervalo de confianza al 95 %) del peso corporal por sexo (macho, hembra) registrado al nacimiento (semana 0), a la semana 2 (destete), a la semana 4, a la semana 6 y a la semana 8.

De acuerdo con los análisis, los cuyes machos presentaron al nacimiento un peso de $153,6 \pm 27,7$ g, que es ligeramente superior en comparación con el peso de las hembras $144,9 \pm 27,1$ g. Esta tendencia se mantiene hasta la semana 8, logrando alcanzar valores de $1.070,2 \pm 137,4$ g para machos y $958,9 \pm 108,9$ g para hembras; sin embargo, solo se evidenció diferencia significativa ($p < 0,05$) a partir de la semana 4.

Tabla 2. Estadística descriptiva en pesos de cuyes machos de la línea sintética en situación a $ITH \geq 72$ y situación a $ITH < 72$, registrado durante los meses de octubre del 2019 a marzo del 2020.

Peso	Machos			Hembras		
	X \pm DS (g)	CV (%)	IC (95 %)	X \pm DS (g)	CV (%)	IC (95 %)
Semana 0	$153,5 \pm 27,7^a$	18,0	139,8 - 167,4	$144,9 \pm 27,1^a$	19,1	137,5 - 152,2
Semana 2	$309,8 \pm 61,3^a$	20,0	279,4 - 340,1	$302,8 \pm 49,0^a$	16,0	289,6 - 316,1
Semana 4	$599,0 \pm 79,1^a$	13,0	559,6 - 641,1	$553,6 \pm 65,4^b$	12,0	535,9 - 571,2
Semana 6	$818,1 \pm 114,3^a$	14,0	761,2 - 874,9	$751,1 \pm 88,8^b$	12,0	727,0 - 775,1
Semana 8	$1.170,2 \pm 137,4^a$	13,0	1.001,9 - 1.138,5	$958,9 \pm 108,9^b$	11,0	929,5 - 988,3

^{a,b} Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$). ITH (índice temperatura-humedad); CV (coeficiente de variación); IC (intervalo de confianza)

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del peso promedio a la semana 0 (nacimiento), tanto en machos como en hembras ($153,6$ - $144,9$ g), muestran valores ligeramente superiores a lo descrito en otras investigaciones de la línea sintética (Chauca et al., 2013, 2016, Rodríguez et al., 2013). No existe diferencia entre el peso de machos y hembras al nacimiento, lo que ha sido también reportado anteriormente por Rubio et al. (2019), quienes citaron a Beaulieu et al. (2010); al afirmar que el desarrollo embriológico no es afectado por el sexo, los gazapos comparten el mismo ambiente y tienen las mismas oportunidades para obtener los nutrientes necesarios para su desarrollo.

En cuanto al peso a la semana 2 (destete), nuestros resultados mostraron valores por encima de 300 g, concordantes con los resultados hallados por Rodríguez et al. (2013), quienes obtuvieron valores de 310,9 g en cuyes mejorados de Cieneguilla; a su vez, reportes previos en la línea sintética demostraron valores en rangos de 260,9-269,9 g (Chauca et al., 2016). Esto permite

comprobar que el peso del nacimiento influye directamente con la ganancia de peso al destete; sin embargo, también existen otros factores relacionados a las condiciones de la madre (Rodríguez et al., 2013). Es preciso mencionar que no se halló diferencias entre sexos, debido a que tanto machos como hembras de la camada se encuentran bajo los mismos factores de influencia para la ganancia de peso (Rubio et al., 2019).

Por otro lado, los pesos posdestete alcanzaron el peso comercial a la semana 8, con valores promedios entre 958,9-1.070,2 g. Pesos similares han sido reportado por Chauca et al. (2013) a la semana 9 (957,3-1.007,6 g) de la misma línea sintética; asimismo, en la línea Perú se reportó similitud con pesos mayores a 1.000 g (Posada et al., 2015). Además, Chauca et al. (2011) reportaron pesos inferiores (586,9-872,9 g) en cuyes de la línea sintética evaluados en la Costa central. Respecto al sexo, se evidencia una diferencia significativa, ya que los pesos más altos se encontraron en machos, lo que es congruente con lo hallado en otras investigaciones que indican la ventaja de los cuyes machos al poseer una mejor asimilación de nutrientes y mejor estructura ósea por efecto de la acción anabólica de la testosterona (de Figueiredo et al., 2020; Guerrero et al., 2020).

Nuestros resultados reafirman que la línea sintética presenta los mejores atributos genéticos de las razas Perú, Andina e Inti, como producto del mejoramiento genético (Chauca et al., 2013). La diferencia en el peso promedio entre machos y hembras son similares a lo reportado por Higaonna et al. (2013), Patiño et al. (2019) y Yamada et al. (2018), pero ninguno de estos estudios demostró diferencias estadísticamente significativas.

Correlación entre variables ambientales y peso corporal

En la tabla 3 se muestran los resultados de los coeficientes de correlación de Pearson, obtenidos de la relación de las variables ambientales de T, HR e ITH y los pesos registrados de los cuyes analizados por sexo (machos, hembras). Como se observa, en los pesos de cuyes machos existe una correlación negativa con T a la semana 4 ($r = -0,345$, $p < 0,05$) y semana 6 ($r = -0,352$, $p < 0,05$), y con la HR se aprecia correlación negativa para las mismas semanas ($r = -3,88$, $p < 0,05$; $r = -0,387$, $p < 0,05$), al igual que el ITH ($r = -0,387$, $p < 0,05$; $r = -0,374$, $p < 0,05$). Por el contrario, no se observó correlación significativa ($p > 0,05$) entre los pesos de cuyes hembras con T, HR e ITH.

Los resultados del peso promedio a la semana 0 (nacimiento), tanto en machos como en hembras (153,6-144,9 g), muestran valores ligeramente superiores a lo descrito en otras investigaciones de la línea sintética (Chauca et al., 2013, 2017, Rodríguez et al., 2013). No existe diferencia entre el peso de machos y hembras al nacimiento, lo que ha sido también reportado anteriormente por Rubio et al. (2019), quienes citaron a Beaulieu et al. (2010); al afirmar que el desarrollo embriológico no es afectado por el sexo, los gazapos comparten el mismo ambiente y tienen las mismas oportunidades para obtener los nutrientes necesarios para su desarrollo.

En cuanto al peso a la semana 2 (destete), nuestros resultados mostraron valores por encima de 300 g, concordantes con los resultados hallados por Rodríguez et al. (2013), quienes obtuvieron valores de 310,9 g en cuyes mejorados de Cieneguilla; a su vez, reportes previos en la línea sintética demostraron valores inferiores de 260,9-269,9 g (Chauca et al., 2017). Esto permite

comprobar que el peso del nacimiento influye directamente con la ganancia de peso al destete; sin embargo, también existen otros factores relacionados a las condiciones de la madre (Rodríguez et al., 2013). Es preciso mencionar que no se halló diferencias entre sexos, debido a que tanto machos como hembras de la camada se encuentran bajo los mismos factores de influencia para la ganancia de peso (Rubio et al., 2019).

Por otro lado, los pesos posdestete alcanzaron el peso comercial a la semana 8, con valores promedios entre 958,9-1.070,2 g. Pesos similares han sido reportado por Chauca et al. (2013) a la semana 9 (957,3-1.007,6 g) de la misma línea sintética; asimismo, en la línea Perú se reportó similitud con pesos mayores a 1.000 g (Posada et al., 2015). Además, Chauca et al. (2011) reportaron pesos inferiores (586,9-872,9 g) en cuyes de la línea sintética evaluados en la Costa central. Respecto al sexo, se evidencia una diferencia significativa, ya que los pesos más altos se encontraron en machos, lo que es congruente con lo hallado en otras investigaciones que indican la ventaja de los cuyes machos al poseer una mejor asimilación de nutrientes y mejor estructura ósea por efecto de la acción anabólica de la testosterona (de Figueiredo et al., 2020; Guerrero et al., 2020).

Nuestros resultados reafirman que la línea sintética presenta los mejores atributos genéticos de las razas Perú, Andina e Inti, como producto del mejoramiento genético (Chauca et al., 2013). La diferencia en el peso promedio entre machos y hembras son similares a lo reportado por Higaonna et al. (2013), Patiño et al. (2019) y Yamada et al. (2018), pero ninguno de estos estudios demostró diferencias estadísticamente significativas.

Correlación entre variables ambientales y peso corporal

En la tabla 3 se muestran los resultados de los coeficientes de correlación de Pearson, obtenidos de la relación de las variables ambientales de T, HR e ITH y los pesos registrados de los cuyes analizados por sexo (machos, hembras). Como se observa, en los pesos de cuyes machos existe una correlación negativa con T a la semana 4 ($r = -0,345$, $p < 0,05$) y semana 6 ($r = -0,352$, $p < 0,05$), y con la HR se aprecia correlación negativa para las mismas semanas ($r = -3,88$, $p < 0,05$; $r = -0,387$, $p < 0,05$), al igual que el ITH ($r = -0,387$, $p < 0,05$; $r = -0,374$, $p < 0,05$). Por el contrario, no se observó correlación significativa ($p > 0,05$) entre los pesos de cuyes hembras con T, HR e ITH.

Según el sexo, se demuestra que las condiciones ambientales como T, HR e ITH tienen influencia negativa en el peso de cuyes machos; es decir, el incremento de estas variables no favorece la ganancia de peso a la semana 4 ni a la semana 6. Estos efectos no se observaron en el peso de cuyes hembras.

Tabla 3. Coeficientes de correlación entre las variables ambientales (T, HR, ITH) y peso en cuyes (machos-hembras).

	Machos			Hembras		
	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	ITH	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	ITH
Semana 0	-0,073	-0,108	-0,104	0,050	0,174	0,116
Semana 2	-0,085	-0,169	-0,130	0,115	0,136	0,145
Semana 4	-0,345*	-0,388*	-0,387*	-0,121	-0,004	-0,093
Semana 6	-0,352*	-0,387*	-0,374*	-0,193	-0,125	-0,189
Semana 8	-0,256	-0,361	-0,321	-0,201	-0,200	-0,231

Nota: * $p \leq 0,05$.

Fuente: Elaboración propia

Las investigaciones relacionadas al estrés calórico, basadas en el ITH, han sido inicialmente exploradas en animales de granja altamente comerciales. Por esa razón, y con base en la literatura revisada, no se han reportado investigaciones sobre el efecto del ITH en cuyes; no obstante, existen algunos estudios basados en la temperatura. Por ejemplo, Chauca et al. (2011) determinaron que el estrés calórico tiene un efecto negativo en el crecimiento de cuyes, donde el consumo de alimento es menor en el verano en comparación con el invierno; consecuentemente, se evidenció el menor incremento de peso como consecuencia de la reducción del alimento (Chauca et al., 2017). Este primer reporte permite inferir la influencia o no de las condiciones climáticas con base en el ITH, lo que permitiría mejorar oportunamente el manejo de crianza de cuyes y maximizar la productividad.

Correlación ITH -Mortalidad

El ITH y el porcentaje de mortalidad (figura 2) no presentaron correlación ($p > 0,05$); sin embargo, en condiciones de $ITH \leq 72$ (situación normal) se observaron valores de 0,6 % de mortalidad, mientras que en condiciones de $ITH > 72$ (situación de estrés moderado), se presentó valores de 12,1 % de mortalidad. Los resultados muestran gráficamente el incremento del porcentaje de mortalidad en situación de estrés moderado ($ITH > 72$), periodo en el que los factores climáticos como temperatura y humedad se encuentran en incremento en relación con la estacionalidad (primavera-verano).

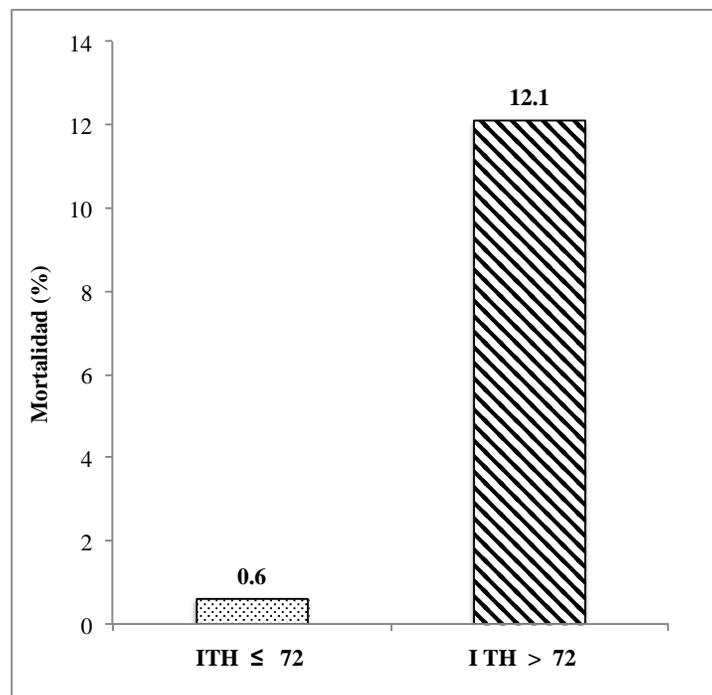


Figura 2. Mortalidad (%) en situación normal ($ITH \leq 72$) y situación de estrés moderado ($ITH > 72$).

Fuente: Elaboración propia

Chauca et al. (2017) reportaron diferencias del porcentaje de mortalidad en cuyes de la línea sintética al nacimiento, pues, en situación normal, encontraron valores de 7,5 % y, en condiciones de estrés calórico, valores de 13 %. Este último valor es similar a lo hallado en este estudio a $ITH > 72$. Asimismo, Cahui (2018) reportó que el porcentaje de mortalidad varía en relación con las condiciones de clima y temporalidad existentes en la costa y la sierra, con 10,2 % y 7,6 %, respectivamente. Un estudio en la costa central con condiciones climatológicas similares a esta investigación ($T = 19,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $HR = 82,3\%$) mostró una mortalidad de 8,89 % (Yamada et al., 2018). Como se puede observar, los casos de mortalidad se incrementan en condiciones de estrés, aunque la mortalidad es un fenómeno complejo que puede involucrar diversos factores (Sharif et al., 2005).

Peso corporal-ITH

Adicionalmente, se demostró la tendencia lineal del incremento de peso (macho, hembra) de acuerdo con la condición del ITH (figura 3). Según el sexo, el peso corporal entre cuyes machos y la edad (semanas) mostraron una tendencia lineal a $ITH \leq 72$ ($r^2 = 0,993$) e $ITH > 72$ ($r^2 = 0,994$). En ese mismo sentido, el peso corporal entre cuyes hembras y la edad (semanas) en condiciones de $ITH \leq 72$ muestra una tendencia lineal ($r^2 = 0,996$), del mismo modo que $ITH > 72$ ($r^2 = 0,997$). Además, tanto en machos como en hembras se observa gráficamente una ligera diferencia no significativa ($p > 0,05$) entre los pesos en ambas condiciones de ITH, siendo la más alta a $ITH \leq 72$ (situación normal).

Nuestros resultados demostraron predicciones mayores al 99 %, lo que indica que, a mayor edad (semanas) del cuy, el peso ganado también será mayor. Asimismo, los pesos más altos a las 8 semanas, tanto en machos como en hembras, fueron hallados en situaciones normales ($ITH \leq 72$), registrándose valores de $1.104,3 \pm 39,7$ g en machos y $975,8 \pm 59,5$ g en hembras; ambos pesos son óptimos para su comercialización (figura 4).

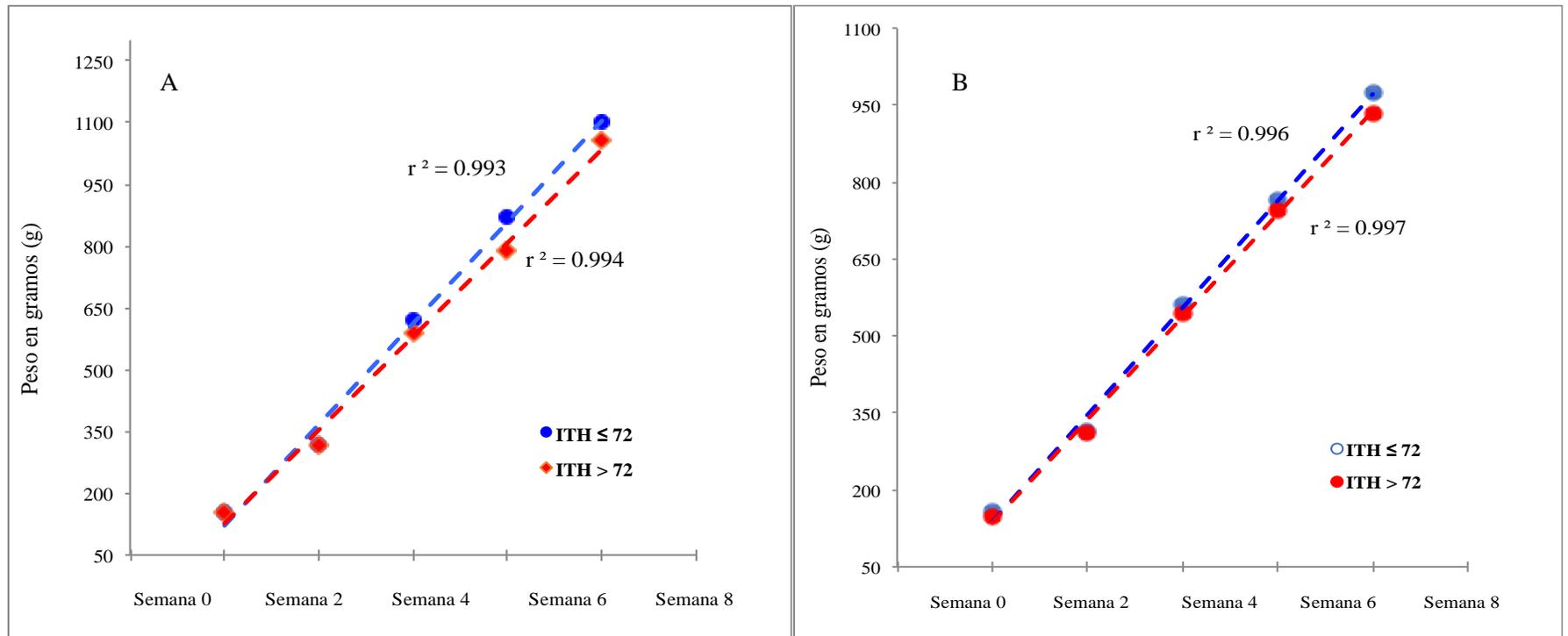


Figura 3. Incremento del peso en cuyes machos (A) y hembras (B) desde el nacimiento (semana 0) hasta la semana 8.
Fuente: Elaboración propia

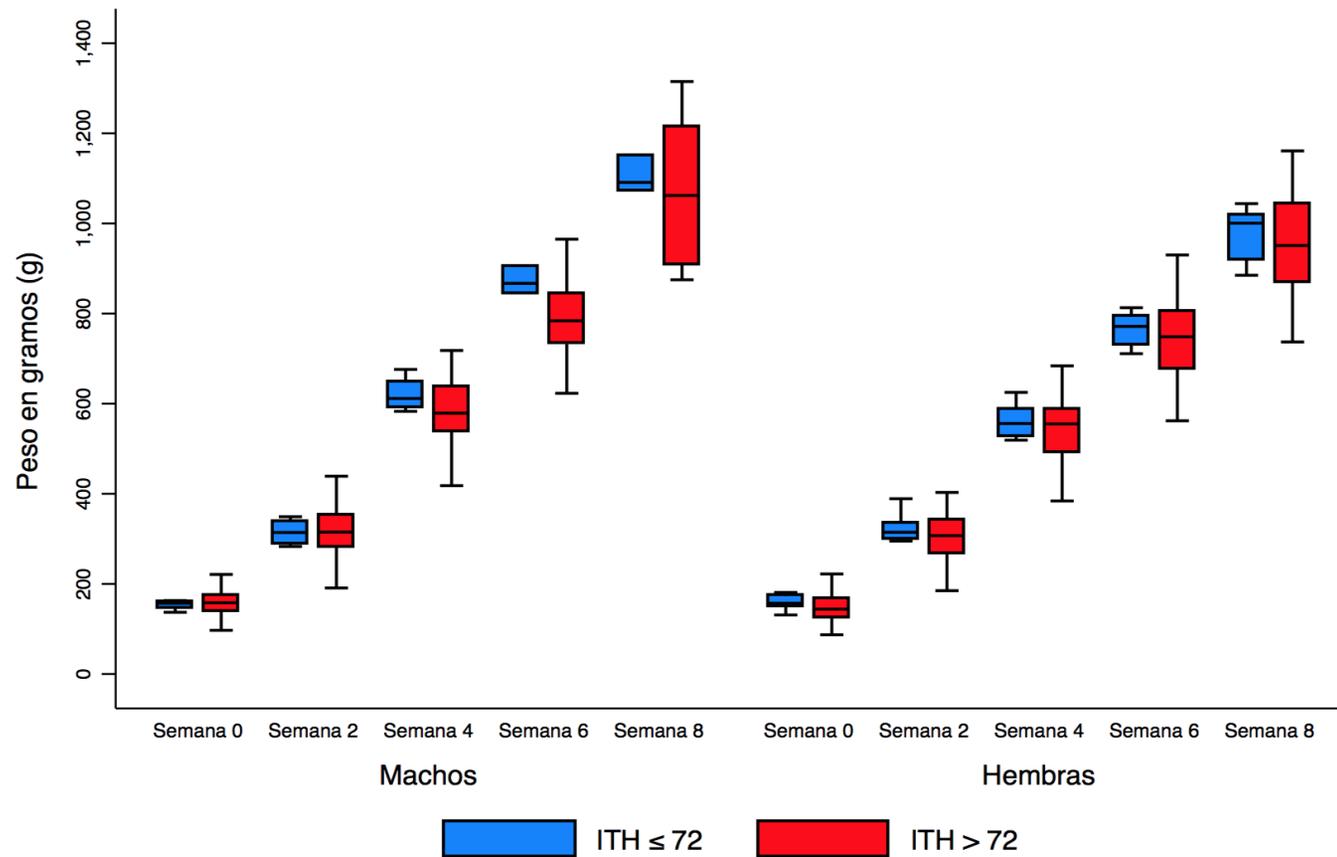


Figura 4. Boxplot del peso (g) de cuyes machos y hembras desde el nacimiento (semana 0) hasta la semana 8 en relación con el ITH.

Fuente: Elaboración propia

El estudio de Cahui (2018) reportó una mayor ganancia de peso en cuyes criados en la costa en comparación con cuyes criados en la sierra. Con base en esto, se puede inferir la influencia de las condiciones climáticas de la zona de crianza; además, se demuestra que el periodo aproximado necesario para que los cuyes alcancen el peso adecuado para su comercialización (> 800 g) varía entre 66 a 80 días (costa, sierra), periodo que es mayor en comparación con los resultados de este estudio (8 semanas).

Conclusiones

Los casos de mortalidad incrementaron en situación de estrés ($ITH > 72$) y se demostró la tendencia lineal del incremento de peso en cuyes machos y hembras a través del tiempo (semanas), siendo mayor en condiciones de $ITH \leq 72$ (situación normal). Asimismo, existe una asociación inversa entre T, HR e ITH con el peso corporal en cuyes machos.

Descargos de responsabilidad

Todos los autores realizaron aportes significativos al documento, están de acuerdo con su publicación y manifiestan que no existen conflictos de interés en este estudio.

Referencias

- Arias, E. F., & Araujo, M. M. (2013). Control automatizado de temperatura y humedad con plataforma Labview para prevenir enfermedades respiratorias en la crianza de cuyes en el Distrito de Vilca [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Huancavelica]. Repositorio UNH. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/713>
- Armstrong, D. (1994). Heat stress interaction with shade and cooling. *Journal of Dairy Science*, 77, 2044-2050. Department of Animal Sciences. University of Arizona Tucson 85721. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77149-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77149-6)
- Beaulieu, A., Aalhus, J., Willias, N. & Patience, J. (2010). Impact of piglet birth weight, birth order, and litter sizer on subsequent growth performance, carcass quality, muscle composition, and eating quality of pork. *Journal of Animal Science*, 88(8), 2767-2778. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2222>
- Cahui, N. (2018). Eficiencia productiva y reproductiva en la crianza comercial de cuyes (*Cavia porcellus* L.) en dos zonas ecológicas [Tesis de posgrado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio UNAP. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8816>
- Caycedo, A. (2000). *Experiencias investigativas en la producción de cuyes*. Universidad de Nariño. <https://isbn.cloud/9789589479117/experiencia-investigativas-en-la-produccion-de-cuyes/>
- Chauca, L. (2020). *Manual de crianza de cuyes*. Instituto Nacional de Innovación Agraria. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1077>

- Chauca, L., Huaman, M., Killerby, M., & Muscari, J. (2017). *Efecto del estrés calórico en la producción de la línea sintética P625-16 de cuyes en la costa central del Perú* [Ponencia]. XL Reunión de la Asociación Peruana de Producción Animal. Lima, Perú.
- Chauca, L., Remigio, R., Muscari, J., & Higaonna, R. (2011). *Crecimiento de cuyes de una línea sintética P 063-11 en invierno y verano en la costa central* [Ponencia]. XXXVI Reunión de la Asociación Peruana de Producción Animal. Lima, Perú. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/424>
- Chauca, L., Vergara, V., Reynaga, M., Muscari, J., & Higaonna, R. (2013). *Evaluación del crecimiento de cuyes de la Línea Sintética (INLA P 5/8 IxA 3/8) bajo dos sistemas de alimentación – Integral y Mixto* [Ponencia]. XXXVIII Reunión de la Asociación Peruana de Producción Animal. Lima, Perú. <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/432>
- Chauca, L., Muscari, G., & Higaonna, R. (2016). Crecimiento de cuyes *Cavia porcellus* de las líneas cruzadas (Perú (Inti x Andina) y sintéticos INIA P6316. Trabajo presentado en la XXXIX Reunión de la Asociación Peruana de Producción Animal. Lambayeque, Perú. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/442>
- Chauca, L., Muscari, J., Vega, Ll. & Higaonna, R. (2004). Formación de una línea sintética de cuyes [Ponencia]. XXVII Reunión de la Asociación Peruana de Producción Animal. Piura, Perú. https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/398/3/Formaci%c3%b3n_de_una_linea_sintetica_de_cuyes.pdf
- Dimov, D., Penev, T., & Marinov, I. (2020). Temperature-humidity index – an indicator for prediction of heat stress in dairy cows. *Veterinarija ir Zootehnika*, 78(100), 10-15. <https://vetzoo.lsmuni.lt/data/vols/2020/78/en/dimov.pdf>
- de Figueiredo, L. B. F., Rodrigues, R. T. S., Leite, M. F. S., Gois, G. C., Araújo, D. H., & Queiroz, M. A. (2020). Effect of sex on carcass yield and meat quality of guinea pig. *Journal of Food Science and Technology*, 57(8), 3024-3030. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04335-3>
- Gaughan, J., Bonner, S., Loxton, I., & Mader, T. (2013). Effects of chronic heat stress on plasma concentration of secreted heat shock protein 70 in growing feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 91(1), 120-129. <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/91/1/120/4702807?redirectedFrom=fulltext>
- Guerrero, A., González, R., Raúl L., Castro, W., Ortiz, N. R., Grefa, D., & Guamà, S. (2020). Influence of Litter Size at Birth on Productive Parameters in Guinea Pigs (*Cavia porcellus*). *Animals*, 10(11), 2059. <https://www.mdpi.com/2076-2615/10/11/2059>
- Habeeb, A., Gad, A., & Atta, M. (2018). Temperature-Humidity Indices as Indicators to Heat Stress of Climatic Conditions with Relation to Production and Reproduction of Farm Animals. *International Journal of Biotechnology and Recent Advances*, 1(1), 35-50. <https://doi.org/10.18689/ijbr-1000107>
- Higaonna, R., Reynaga, M., Muscari, J., & Chauca, L. (2013). *Crecimiento del cuy Merino en la costa central* [Ponencia]. XXXVIII Reunión de la Asociación Peruana de Producción Animal. Lima, Perú. <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/437>
- Ministerio de Agricultura y Riego (Minagri). (2020). *En el 2020 se elevarán las ventas y consumo de cuy* [Nota de prensa]. <https://www.gob.pe/institucion/minagri/noticias/76440-en-el-2020-se-elevaran-las-ventas-y-consumo-de-cuy>
- Patiño, R., Cardona-Iglesias, J., Carlosama-Ojeda, L., Portillo-Lopez, P., & Moreno, D. (2019). Parámetros zootécnicos de *Cavia porcellus* en sistemas productivos de Nariño y Putumayo

- (Colombia). *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 14(3), 29-41. <https://revistas.ces.edu.co/index.php/mvz/article/view/5053>
- Posada, S., Solarte, C., & Noguera, R. (2015). Efecto de la línea genética y el sexo sobre el crecimiento en cuyes (*Cavia porcellus*). *Livestock Research for Rural Development*, 27(1). <http://www.lrrd.org/lrrd27/1/posa27001.htm>
- Rodríguez, H., Palomino, M., Hidalgo, V., & Gutiérrez, G. (2013). Efectos de factores fijos y al azar sobre el peso al nacimiento y al destete en cuyes de la costa central del Perú. *RIVEP*, 24(1), 16-24. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/veterinaria/article/view/1647>
- Rubio, P., Deza, H., Alvarado, J., Castillo, E., & Maldonado, M. (2019). Efecto del sexo, tamaño de camada y número de parto sobre los pesos al nacimiento y al destete de cobayos (*Cavia porcellus*) del genotipo Cieneguilla. *Revista Científica FVL-LUZ*, 19(1), 9-14. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/view/29614>
- Sánchez Macías D, Barba Maggi L, Morales delaNuez A & Palmay Paredes J. (2018). Guinea pig for meat production, a systematic review of factors affecting the production, carcass and meat quality. *Meat Science*, 143, 165-176. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.05.004>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología en el Perú (Senamhi). (2020). Arequipa, Motegua y Tacna presentaron record de Lluvia para enero. <https://www.gob.pe/institucion/senamhi/noticias/127506-arequipa-moquegua-y-tacna-presentaron-record-de-lluvia-para-enero>
- Sharif, L., Obeidat, J., & Al-Ani, F. (2005). Risk factors for lamb and kid mortality in sheep and goat farms in Jordan. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*, 8(2), 99-108. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.612.4232&rep=rep1&type=pdf>
- Solarte, C., Cárdenas, H., Rosero, C., & Burgos, W. (2007). Caracterización molecular de tres líneas de *Cavia porcellus* mediante la aplicación de AFLP. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20(1), 49-58. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902007000100006
- Xicohtencatl-Sánchez, P., Barreda-Zúñiga, S., Orozco-Orozco, T., Torres-Sandoval, S., & Monsivais-Isiordia, R. (2013). Parámetros productivos de cuyes (*Cavia porcellus*) del nacimiento al sacrificio en Nayarit, México. *Abanico Veterinario*, 3(1), 36-43. <https://www.medigraphic.com/pdfs/abanico/av-2013/av131e.pdf>
- Yamada, G., Bazán, V. & Fuentes, N. (2018). Parámetros productivos de cuyes G en la costa central del Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 29(3), 877-881. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172018000300018