



CAMBIOS RELACIONADOS CON LA EDAD EN LA HEMATOLOGÍA Y METABOLITOS SANGUÍNEOS DE CUYES (*CAVIA PORCELLUS*) EN SISTEMA DE CRIANZA INTENSIVO EN CONDICIONES DE TRÓPICO HÚMEDO

CHANGES IN THE HEMATOLOGY AND BLOOD METABOLITES OF GUINEA PIGS (*CAVIA PORCELLUS*) UNDER INTENSIVE REARING SYSTEM IN HUMID TROPICAL CONDITIONS

Daniel Paredes-López*¹, Rizal Robles-Huaynate¹, Uriel Aldava-Pardave²
y Miguel Morales-Cauti³

¹Departamento de Ciencia Animal, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Carretera Central Km 1.21, Tingo María, Perú.

²Escuela de posgrado, Universidad Nacional Agraria La Molina, Av. La Molina s/n La Molina, Lima, Perú.

³Departamento de Salud Animal y Salud Pública, Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Av. Circunvalación s/n, San Borja, Lima, Perú.

*Autor para correspondencia: daniel.paredes@unas.edu.pe

Manuscrito recibido el 30 de enero de 2021. Aceptado, tras revisión, el 11 de agosto de 2022. Publicado el 1 de septiembre de 2024.

Resumen

Los cuyes en producción intensiva generan la necesidad de bases fisiopatológicas para diagnosticar su estado de bienestar, salud y producción; las disponibles están referidas a esta especie como animal de laboratorio o de compañía. El objetivo de esta investigación es determinar los perfiles hematológicos y metabolitos sanguíneos en relación con la etapa de producción de cuyes en sistema de crianza intensivo a 660 msnm en trópico húmedo. Cuarenta cuyes clínicamente sanos de las líneas inti x Perú nacidos en trópico de 15-120 días de edad se distribuyeron en cuatro grupos etarios: 15-21, 22-35, 36-60 y 60-120 días. En sangre se determinó los perfiles de eritrocitos, leucocitos, linfocitos, granulocitos, hematocrito y hemoglobina e índices de MCV, MCH y MCHC y en suero sanguíneo los perfiles de glucosa, proteína total (PT), albumina, colesterol total (CT), triglicéridos, ALT, AST y bilirrubina directa (BD). El perfil de hemoglobina y los índices de MCH y MCHC incrementaron con la edad ($p < 0,05$) y los perfiles de eritrocitos, leucocitos, hemoglobina y hematocrito y los índices de MCV, MCH, MCHC mostraron una menor amplitud de intervalos en los cuyes de 15-35 y 61-120 días de edad. Los perfiles de PT, BD y AST incrementaron con la edad ($p < 0,05$) y los perfiles de BD, AST, ALT y CT mostraron la menor amplitud de intervalo entre los 36-120 días de edad. Los perfiles hematológicos y de metabolitos sanguíneos en los cuyes criados en sistema de crianza intensivo en condiciones de trópico húmedos muestran cambios significativos con la edad de producción.

Palabras clave: Bienestar, cuy, sistema de crianza, hematología, producción intensiva.

Abstract

Guinea pigs in intensive production generates an imperative necessity of physio-pathological bases for diagnosing their state of welfare, health, and production; those which are available for this species are referred to as laboratory or companion animal. The aim of this research is to determine changes in hematological and blood metabolites profiles in relation to age of *Cavia porcellus* reared in intensive system at 660 masl in humid tropic. For this purpose, forty 15-120 days old guinea pig in healthy conditions from the inti x Peru lines born in the humid tropic were used and the evaluation ages were 15-21, 22-35, 36-60 and 61-120 days. Blood samples were obtained by puncture of the cephalic vein; profiles of erythrocytes (RBC), total leucocytes (WBC), lymphocytes, granulocytes, hematocrit, hemoglobin, MCV, MCH and MCHC indices were determined. In serum, profiles of glucose, total protein (TP), albumin, total cholesterol (TC), triglycerides, total bilirubin (TB), and direct bilirubin (DB), alanine aminotransferase (ALT) and aspartate aminotransferase (AST) were determined. Hemoglobin profile, MCH and MCHC indices increased as age increased ($p < 0,05$) and the erythrocytes, leucocytes, hematocrit, hemoglobin profiles and MCV, MCH, MCHC indices showed the narrower interval ranges in the 15-35- and 61-120-days old guinea pigs. Profiles of TP, DB and AST showed increase with age ($p < 0,05$) and the DB, AST, ALT, and TC profiles showed the narrower interval range at 36-120 days old. The hematological and blood metabolites profiles of guinea pigs raised in intensive system in humid tropical conditions show significant changes with production age.

Keywords: Welfare, guinea pigs, rearing system, hematology, intensive production

Forma sugerida de citar: Paredes-López, D., Robles-Huaynate, R., Aldava-Pardave, U. y Morales-Cauti, M. (2024). *Cambios relacionados con la edad en la hematología y metabolitos sanguíneos de cuyes (Cavia porcellus) en sistema de crianza intensivo en condiciones de trópico húmedo*. La Granja: Revista de Ciencias de la Vida. Vol. 40(2):130-140. <https://doi.org/10.17163/lgr.n40.2024.09>.

IDs Orcid:

Daniel Paredes-López: <https://orcid.org/0000-0002-0266-7138>

Rizal Alcides Robles-Huaynate: <https://orcid.org/0000-0001-8013-2481>

Uriel Aldava-Pardave: <https://orcid.org/0000-0001-8298-5445>

Miguel Morales-Cauti: <https://orcid.org/0000-0002-5396-8889>

1 Introducción

El cuy (*Cavia porcellus* L.) es un animal originario de los Andes sudamericanos; su cría en Perú se concentra en las regiones andinas, la costa (Yamada, Bazán y Fuentes, 2019) y recientemente en la región amazónica, siendo caracterizado y criado como un animal productor de carne con alto valor nutricional. Los cuyes han sido criados en los Andes a altitudes superiores a los 3800 msnm durante miles de años, bajo condiciones de frío extremo e hipoxia; asimismo, también se han criado durante siglos a nivel del mar bajo condiciones templadas y normóxicas (Lechner, Salvato y Banchemo, 1981; Lechner, Salvato y Banchemo, 1980b), adaptándose de manera similar a otras especies animales (Ding y col., 2014; Al-Sweedan y Alhaj, 2012; Snyder, Born y Lechner, 1982).

En Perú, la crianza de cuyes se orientó originalmente hacia el autoconsumo, la seguridad alimentaria, la generación de ingresos adicionales a partir de la venta del remanente y la creación de mayores oportunidades en la fuerza laboral, principalmente para mujeres en áreas rurales (Chauca, 1995). Sin embargo, cada vez más tiende a avanzar hacia un desarrollo de producción intensiva (Olazábal y col., 2019; Yamada, Bazán y Fuentes, 2019), lo que ha generado un aumento en el desarrollo de patologías particulares en la especie (Venturo y Morales-Cauti, 2020; Barrios-Arpi y Morales-Cauti, 2020; Bazán y col., 2019; Paredes-López, Villacorta-López y Valencia-Chamba, 2014; Layme y col., 2011), y para controlar estas patologías es de imperiosa necesidad desarrollar bases fisiopatológicas para diagnosticar su estado de salud y producción.

Estas condiciones, sumadas a los cambios en los factores climáticos y alimenticios, podrían conducir a variaciones fisiológicas adaptativas, y entre ellas, una de las más sensibles es lo que ocurre en la sangre. En medicina preventiva, los cambios fisiológicos en la sangre son parte de la base de datos mínima para cualquier especie animal, con el propósito de interpretar su estado de salud o enfermedad y producción (Ramírez-Borda, Cárdenas-Villanueva y Gómez-Quispe, 2019; Luna y col., 2018; Izurieta y col., 2017; Gupta, Verma y Chaturvedi, 1999).

En muchas especies animales utilizadas para producción, como es el caso del cuy, no están dis-

ponibles los perfiles hematológicos normales y los perfiles de metabolitos sanguíneos, y aquellos que están disponibles generalmente se refieren al cuy como animal de laboratorio (McClure, 1999; Dyer y Cervasio, 2008; Hoffman y Solter, 2008; Zimmerman, Moore y Smith, 2010; Washington y Van Hoosier, 2012; Zimmerman, Moore y Smith, 2015; Alberton, Vergneau-Grosset y Summa, 2019). Por lo tanto, obtener los perfiles sanguíneos de los cuyes durante las diferentes etapas de cría intensiva en un estado normal de salud bajo condiciones tropicales húmedas contribuiría a definir los cambios en los marcadores e indicadores sanguíneos según la edad, con fines de diagnosticar el estado de salud y producción de esta especie animal (Lewis, 1992; Doneley, 2015).

El objetivo del presente trabajo es estudiar los cambios en los perfiles hematológicos y de metabolitos sanguíneos en diferentes edades de producción de cuyes en un sistema de cría intensiva bajo condiciones tropicales húmedas.

2 Materiales y métodos

2.1 Localización del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la granja de zootecnia de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en Tingo María, Perú, situada a una latitud 09° 17' 58" S y una longitud 76° 01' 07" O, con una altitud de 660 msnm. La zona presenta una precipitación pluvial anual de 3293 mm, una temperatura media anual de 24,85°C, y una humedad relativa del 80% durante la temporada de menor precipitación (junio-septiembre) y del 85% durante la temporada de mayor precipitación (octubre-mayo) (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), 2021). Este estudio se realizó desde octubre hasta diciembre.

2.2 Animales estudiados

Se utilizaron cuarenta cuyes de entre 15 y 120 días de edad, obtenidos de las líneas Inti x Perú adaptadas al trópico húmedo durante dos años. Las fases de evaluación fueron a los 15– 21 días de edad (inicial), 22– 35 días (crecimiento), 36– 60 días (engorde) y 60– 120 días de edad (adultos).

Se formaron cuatro grupos y cada uno estuvo compuesto por diez cuyes que se alojaron en jaulas separadas, administrándoles una dieta diaria de Pasto King como forraje *ad libitum* y una dieta balanceada para cuyes según su fase de producción (Vergara, 2009). Cada grupo o fase de producción fue independiente de los otros.

2.3 Inmovilización y toma de muestras de sangre

Los cuyes fueron sujetados desde la parte inferior del tronco con una mano y soportados por debajo de las patas traseras con la otra, procurando no comprimir el tórax o el abdomen. La piel fue afeitada y se aplicó alcohol para desinfectar y visualizar la vena cefálica, y las muestras de sangre se obtuvieron mediante la punción de esta (Dyer y Cervasio, 2008; Quesenberry, Donnelly y Mans, 2012).

Toda la sangre obtenida se recogió en vacutainers que contenían 2 mg de EDTA. Para obtener el suero, la sangre se colocó en viales limpios y se dejó coagular durante 1 a 2 horas, luego se centrifugó a 1500 rpm durante tres minutos; después, el suero se separó en vacutainers para preservarlo a -20°C . Se extrajeron diez muestras de sangre completa y diez muestras de sangre para suero de cada uno de los grupos en las fases de 15 a 21, 22 a 35, 36 a 60 y 61 a 120 días de edad.

2.4 Evaluación del perfil hematológico y de metabolitos sanguíneos

En la sangre completa se determinaron el número de eritrocitos (ER), leucocitos (LE), linfocitos (Ly) y granulocitos (Gra) utilizando las técnicas de Neubauer y Wright-Giemsa (Harvey, 2001), y el hematocrito (Ht) se determinó usando la técnica de microhematocrito a 11,000 rpm en una centrífuga Kert Lab Tom's (USA Science Tech Group); la hemoglobina (Hb) se determinó utilizando el método de cianometahemoglobina y se cuantificó usando un espectrofotómetro DIALAB DTN de 405 a 530 nm. Se determinaron los índices de volumen corpuscular medio (MCV), hemoglobina corpuscular media (MCH) y concentración media de hemoglobina corpuscular (MCHC) (Samour, Silvanose y Pendl, 2016; Doneley, 2015).

En el suero sanguíneo, el nivel de glucosa se determinó mediante el método de glucosa oxidasa-peroxidasa; la proteína total, utilizando el método complejo EDTA/Cu en hidróxido de sodio; la albúmina, utilizando el método de tetrabromuro de fenolsulfonftaleína; el colesterol total, la alanina transaminasa, el aspartato transaminasa, la bilirrubina total y la bilirrubina conjugada (Laboratorios QAC, España). Las mediciones se tomaron utilizando un espectrofotómetro DIALAB DTN de 405 a 515 y 530 nm.

2.5 Análisis estadístico

Se calcularon los valores promedio y la desviación estándar a partir de los datos obtenidos y posteriormente se realizó el análisis de varianza (ANOVA); en un paso previo se verificó la suposición de esfericidad entre las mediciones utilizando la prueba de Mauchly. La prueba de comparaciones múltiples se realizó utilizando el test de Bonferroni; en un paso previo se realizó la prueba de normalidad para cada medición usando la prueba de Shapiro-Wilk. Se utilizó el software estadístico Infostat. Las diferencias, con un $p \leq 0,05$, se consideraron significativas.

3 Resultados y discusión

La mayoría de los estudios sobre hematología y perfiles de metabolitos sanguíneos en *Cavia porcellus* encontrados en la literatura científica se refieren a estudios como especie experimental en laboratorio, pero no como una especie para producción de carne, y particularmente bajo sistemas de cría intensiva (Paredes-López y col., 2017; Ramirez-Borda, Cárdenas-Villanueva y Gómez-Quispe, 2019). Como animal de laboratorio, se han obtenido muchas cepas o biotipos de cuyes y para cada uno se han encontrado características de sensibilidad que permiten experimentar diferentes aspectos de una enfermedad específica u otra (Waner y col., 1996; Kitagaki y col., 2005; Genzer y col., 2019).

Se evaluaron los perfiles de células rojas de la sangre, hemoglobina, hematocrito, MCV, MCHC, índices MCH, células blancas de la sangre, porcentaje de granulocitos y linfocitos en cuyes bajo un sistema de cría intensiva en condiciones de trópico húmedo de 15-120 días de edad (Tablas 1 y 2). Los perfiles de hemoglobina y los índices MCH y CMCH

en cuyes de 61–120 días mostraron niveles más altos que los de 15–35 días ($p < 0,05$), pero similares a los cuyes de 35–60 días para los índices MCHC y MCH ($p > 0,05$). Sin embargo, los perfiles de hema-

tocrito y células rojas de la sangre en los cuyes de 22–35 días fueron más bajos que los obtenidos para los de 15–21 y 61–120 días ($p < 0,05$), pero iguales a los de 36–60 días ($p > 0,05$) (Tabla 1).

Tabla 1. Perfiles hematológicos de cuyes de 15-120 días bajo sistema de cría intensiva en condiciones tropicales húmedas (IC del 95 %).

Perfil Hematología	Valor -p	CV (%)	Edad (días)			
			15-21 $\bar{x} \pm SE$	22-35 $\bar{x} \pm SE$	36-60 $\bar{x} \pm SE$	61-120 $\bar{x} \pm SE$
HCT (%)	0,004	9,26	37,00±0,49 ^a	32,10±0,97 ^b	33,60±1,61 ^{ab}	36,40±0,60 ^a
Hgb (gdL ⁻¹)	0,000	10,49	11,88±0,30 ^c	11,04±0,22 ^c	13,73±0,74 ^b	15,65±0,27 ^{ba}
WBC ($\times 10^3$)	0,000	17,94	3,38±0,13 ^b	5,74±0,25 ^a	3,08±0,31 ^b	3,47±0,15 ^b
RBC ($\times 10^6$)	0,003	9,62	4,03±0,06 ^a	3,43±0,11 ^b	3,70±0,18 ^{ab}	3,93±0,07 ^a
MCHC (gdL ⁻¹)	0,000	10,06	32,11±0,73 ^b	34,53±0,68 ^b	41,23±1,92 ^a	43,10±1,04 ^a
MCH (pg)	0,000	8,86	29,44±0,64 ^b	32,30±0,65 ^b	37,48±1,73 ^a	39,97±0,93 ^a
MCV (fl)	0,169	3,08	91,76±0,56 ^a	93,69±1,54 ^a	90,91±0,00 ^a	92,70±0,74 ^a
GRAN (%)	0,000	33,12	31,30±4,48 ^b	29,80±3,28 ^b	22,20±1,40 ^b	46,30±4,02 ^a
LYM (%)	0,001	16,95	65,10±4,07 ^{ab}	68,50±3,47 ^a	74,50±1,99 ^a	52,80±4,04 ^b

CV: coeficiente de variación; abc: letras distintas dentro de cada variable expresan diferencias significativas con un 95 % de confianza utilizando el método de Bonferroni ($p \leq 0,05$);

\bar{x} : media aritmética; SE: error estándar; HCT: hematocrito, Hgb: hemoglobina, WBC: leucocitos (células blancas de la sangre), RBC: células rojas de la sangre, MCHC: concentración media de hemoglobina corpuscular, MCH: hemoglobina corpuscular media, MCV: volumen corpuscular medio, GRAN: granulocitos.

Los perfiles eritrocitarios obtenidos en este estudio en cuyes locales con diferencias en genética, nutrición y propósitos de cría, siguen tendencias similares a las de las referencias establecidas para cepas o biotipos de cuyes de laboratorio (Zimmerman, Moore y Smith, 2010; McClure, 1999), y la cepa 13/N (Genzer y col., 2019); (Dunkin-Hartley) (Waner y col., 1996); Weiser-Maples (Kitagaki y col., 2005). No obstante, estos perfiles son mucho más bajos que los obtenidos de cuyes criados en ambientes de hipoxia (pO_2 : 80 Torr) y una temperatura de 22°C (Lechner, Salvato y Banchemo, 1980a), un ambiente de hipoxia (pO_2 : 85 Torr) y una temperatura de 6°C; condiciones similares a las de más de 4000 msnm (Lechner, Salvato y Banchemo, 1981), donde los perfiles eritrocitarios aumentaron entre un 13 y un 42% con respecto a los niveles de referencia, además de ser más bajos que los perfiles eritrocitarios obtenidos de cuyes en ambientes de oxígeno normal (pO_2 =133 Torr) y temperatura de 5°C (Lechner, Salvato y Banchemo, 1980c).

El mayor perfil de células rojas sanguíneas mostrado en cuyes criados en un ambiente de hipoxia,

en comparación con aquellos en ambientes de normoxia como en el presente estudio, está asociado con el hecho de que la baja presión de oxígeno estimula un aumento en los niveles de eritropoyetina, lo cual a su vez estimula la eritropoyesis como mecanismo de compensación para restablecer los niveles de presión de oxígeno en el organismo (Reece, 2015).

En este estudio se demostró que los niveles de hematocrito y el número de eritrocitos variaron con la edad o estado fisiológico ($p < 0,05$). Es importante señalar que el hematocrito y los eritrocitos disminuyeron en los cuyes de 21-35 días y restablecieron sus niveles en los cuyes de 61–120 días, lo cual es similar a lo reportado por Lechner, Salvato y Banchemo (1980b). Se han reportado diferentes tendencias en cuyes de la cepa 13/N, en los cuales estos parámetros aumentaron con la edad dentro de un período de seis meses. No obstante, los niveles de hemoglobina, MCH y MCHC aumentaron con la edad de los cuyes en el presente estudio ($p < 0,05$), y estos fueron evidentes en los de 36–120 días. Los resultados contrastan con los obtenidos en la cepa

13/N, donde los niveles de estos perfiles fueron mayores en cuyes jóvenes que en adultos (Genzer y col., 2019), así como los resultados reportados por Lechner, Salvato y Banchemo (1980a).

Los perfiles de leucocitos y linfocitos en los cuyes de 22–35 días mostraron niveles mayores que los observados en los de 15–21 y 61–120 días ($p < 0,05$); sin embargo, el perfil de granulocitos fue mayor en los de 61–120 días que en aquellos de 15–60 días de producción ($p < 0,05$).

El perfil de leucocitos alcanzó su pico en los cuyes de 22 a 35 días, descendiendo y manteniéndose estable en el mismo nivel en los cuyes de 36 a 120 días. Los linfocitos y granulocitos no variaron en los cuyes de 15 a 60 días; posteriormente, los linfocitos disminuyeron y los granulocitos aumentaron en los

de 61 a 120 días. Se observaron tendencias similares en cuyes de la cepa 13/N para los leucocitos y linfocitos, sin embargo, fue diferente para los granulocitos, para los cuales también disminuyeron los neutrófilos con la edad (Genzer y col., 2019).

Para estos perfiles hematológicos se establecieron intervalos de amplitud de referencia para cada fase de producción del cuy. Los intervalos de las medias mostraron diferentes amplitudes en las cuatro fases de producción y dentro de estas, las medias de granulocitos y linfocitos en los cuyes de 15–21, 61–120 y 22–35 días mostraron desde la mayor hasta la menor, la mayor amplitud. Por otro lado, las medias de RBC, WBC, hemoglobina y hematocrito y los índices MCV, MCH y MCHC, en los cuyes de 15–21, 22–35 y 61–120 días mostraron desde la menor hasta la mayor, la menor amplitud (Tabla 2).

Tabla 2. Intervalos de amplitud de las medias para los perfiles hematológicos de cuyes de 15–120 días bajo sistema de cría intensiva en condiciones tropicales húmedas (IC del 95 %).

Perfiles de Hematología	Edad (días)			
	15-21	22-35	36-60	61-120
Hto (%)	[35,88 – 38,12]	[29,90 – 34,30]	[29,95 – 37,25]	[35,04 – 37,76]
Hb (gdL ⁻¹)	[11,19 – 12,56]	[10,54 – 11,54]	[12,06 – 15,39]	[15,05 – 16,25]
WBC ($\times 10^3$)	[03,08 – 03,68]	[05,17 – 06,30]	[02,38 – 03,77]	[03,13 – 03,81]
RBC ($\times 10^6$)	[03,90 – 04,17]	[03,18 – 03,68]	[03,29 – 04,10]	[03,29 – 04,10]
MCHC (gdL ⁻¹)	[30,47 – 33,75]	[32,99 – 36,07]	[36,88 – 45,59]	[40,76 – 45,45]
MCH (pg)	[28,09 – 30,80]	[31,04 – 33,56]	[33,53 – 41,45]	[37,57 – 42,36]
MCV (fl)	[90,49 – 93,02]	[90,20 – 97,17]	[90,91 – 90,91]	[91,03 – 94,38]
Gra (%)	[21,16 – 41,44]	[22,37 – 37,23]	[19,04 – 25,36]	[41,21 – 59,39]
Ly (%)	[55,89 – 74,31]	[60,65 – 76,35]	[70,00 – 79,00]	[46,67 – 61,93]

Hto: hematocrito, Hb: hemoglobina, WBC: leucocitos (células blancas de la sangre), RBC: células rojas de la sangre, Gra: granulocitos, Ly: linfocitos, MCHC: concentración media de hemoglobina corpuscular, MCH: hemoglobina corpuscular media, MCV: volumen corpuscular medio.

No se encuentran publicaciones que refieran a intervalos de perfiles hematológicos por fases de producción de cuyes, sin embargo, los intervalos encontrados en el presente estudio siguen tendencias similares a los intervalos de referencia establecidos para cuyes experimentales en laboratorio (Zimmerman, Moore y Smith, 2015; Quesenberry, Donnelly y Mans, 2012; McClure, 1999); cepa 13/N (Genzer y col., 2019), y Weiser-Maples (Kitagaki y col., 2005).

Los perfiles e intervalos de metabolitos sanguíneos en los cuyes de 15 a 120 días se muestran en

las Tablas 3 y 4. Los perfiles de bilirrubina total y urea mostraron niveles mayores en los cuyes de 61 a 120 días en comparación con los de 15 a 60 días ($p < 0,05$). En una tendencia similar, los perfiles de proteína total, BD (bilirrubina directa) y AST (aspartato aminotransferasa) fueron mayores en los cuyes de 36 a 120 días que en los de 15 a 35 días ($p < 0,05$). Los perfiles de glucosa y triglicéridos disminuyeron en los cuyes de 22 a 35 días y luego se restablecieron en los de 36 a 120 días ($p < 0,05$).

El perfil de ALT fue mayor en los cuyes de 22 a 35 días en comparación con los de 15–21 y 36–120 días ($p < 0,05$). Por otro lado, el perfil de colesterol

total fue más alto en los cuyes de 15-21 días que en los de 22-120 días ($p < 0,05$) (Tabla 3).

Los perfiles de metabolitos sanguíneos obtenidos en este estudio, al igual que los perfiles hematológicos, siguen tendencias similares a las que se han establecido en cepas y biotipos de cuyes experimen-

tales en laboratorios (Washington y Van Hoosier, 2012; Zimmerman, Moore y Smith, 2010; McClure, 1999), y la cepa 13/N (Genzer y col., 2019), Dunkin-Hartley (Waner y col., 1996), Weiser-Maples (Kitagaki y col., 2005); criollo mejorado (Paredes-López y col., 2017; Ramirez-Borda, Cárdenas-Villanueva y Gómez-Quispe, 2019).

Tabla 3. Perfiles de metabolitos sanguíneos de cuyes de 15-120 días bajo sistema de cría intensiva en condiciones tropicales húmedas (IC del 95 %).

Perfil de Metabolitos en sangre	Valor -p	CV (%)	Edad (días)			
			15-21 $\bar{x} \pm SE$	22-35 $\bar{x} \pm SE$	36-60 $\bar{x} \pm SE$	61-120 $\bar{x} \pm SE$
TP (gdL ⁻¹)	0,000	9,50	6,78±0,25 ^c	6,89±0,33 ^{bc}	7,73±0,14 ^{ab}	8,22±0,10 ^a
AL (gdL ⁻¹)	0,001	8,32	3,94±0,04 ^{ab}	3,57±0,15 ^{bc}	3,50±0,11 ^c	4,04±0,05 ^a
TB (mgdL ⁻¹)	0,000	14,20	0,58±0,02 ^c	0,55±0,02 ^c	0,71±0,06 ^b	0,92±0,02 ^a
DB (mgdL ⁻¹)	0,001	18,91	0,15±0,01 ^b	0,15±0,01 ^b	0,20±0,01 ^a	0,20±0,01 ^a
Glucose(mgdL ⁻¹)	0,000	11,09	86,22±4,80 ^a	59,55±2,62 ^b	87,23±0,71 ^a	86,00±0,93 ^a
TC (mgdL ⁻¹)	0,000	11,56	71,64±2,70 ^a	47,28±1,55 ^b	27,64±0,66 ^c	28,49±0,34 ^c
TG (mgdL ⁻¹)	0,024	31,95	58,08±9,11 ^a	37,17±1,43 ^b	44,57±0,70 ^{ab}	44,14±0,93 ^{ab}
AST (UIL ⁻¹)	0,000	4,90	61,19±0,81 ^c	81,63±2,24 ^b	89,39±0,72 ^a	91,32±0,26 ^a
ALT (UIL ⁻¹)	0,000	6,93	11,34±0,19 ^c	20,30±0,49 ^a	16,41±0,36 ^b	12,19±0,16 ^c
Urea (mgdL ⁻¹)	0,000	11,61	37,70±1,95 ^b	34,06±1,38 ^b	35,55±0,81 ^b	45,63±1,24 ^a

CV: Coeficiente de Variación; abc: Letras distintas dentro de cada fila expresan diferencias significativas con un 95 % de confianza usando el método de Bonferroni ($p \leq 0,05$); \bar{x} : media aritmética; SE: error estándar; HCT: hematocrito, Hgb: hemoglobina, WBC: leucocitos (células blancas de la sangre), RBC: células rojas de la sangre, MCHC: concentración media de hemoglobina corpuscular, MCH: hemoglobina corpuscular media, MCV: volumen corpuscular medio, GRAN: granulocitos.

Los perfiles de proteína total, bilirrubina total, bilirrubina directa, AST y urea muestran una tendencia a aumentar con la edad, presentando niveles mayores entre los 61-120 días. Estos resultados están respaldados por mecanismos fisiológicos que provocan que la proteína total, la albúmina y las globulinas en el suero de todas las especies animales aumenten a medida que se acercan a la fase adulta (Eckersall, 2008).

Los perfiles de proteína total y urea son similares a los reportados por Genzer y col. (2019) y (Kitagaki y col., 2005) en cuyes Weisser-Maple, donde se demostró que los perfiles de estos metabolitos están correlacionados con la edad de los cuyes. Los perfiles de AST y albúmina son diferentes a los encontrados en esos estudios, y en cuanto a los perfiles de bilirrubina total, no se correlacionan con la edad de los cuyes.

Por otro lado, los perfiles de colesterol total (TC)

disminuyeron notablemente a medida que aumentaba la edad, mostrando los niveles más altos entre los 15-21 días de edad, lo que contrasta con los resultados mostrados por (Kitagaki y col., 2005) en cuyes Weisser-Maple, donde este metabolito aumentaba de forma gradual y continua con la edad.

Los perfiles de glucosa, triglicéridos y ALT mostraron niveles homogéneos en las distintas etapas de edad, con resultados similares a los reportados por Genzer y col. (2019) y Kitagaki y col. (2005) en cuyes Weisser-Maple, los cuales también han demostrado que los niveles de estos metabolitos no están correlacionados con la edad de los cuyes. Sin embargo, en los cuyes de 22 a 35 días, la glucosa y los triglicéridos disminuyeron notablemente y el ALT aumentó, y estos metabolitos se restablecieron en los cuyes de 36 a 120 días. Las variaciones de estos metabolitos en esta etapa podrían deberse a la disminución de las reservas energéticas por la supresión de carbohidratos fácilmente degradables

debido al destete, lo que baja los niveles de glucosa y acelera el crecimiento de diferentes tejidos, y, sobre todo, del tejido hepático para metabolizar componentes más complejos que provienen de su nueva dieta, generando un aumento en los perfiles de ALT (Hoffman y Solter, 2008).

Los intervalos medios de los diferentes perfiles sanguíneos mostraron una mayor amplitud en los

cuyes de 15 a 35 días, y dentro de ellos, los triglicéridos, bilirrubina total, glucosa, urea y proteína mostraron la mayor amplitud en los intervalos de mayor a menor, respectivamente. Por otro lado, en los cuyes de 36 a 120 días se encontraron intervalos de menor amplitud y los perfiles de bilirrubina directa, AST, ALT y TC mostraron las menores amplitudes de menor a mayor, respectivamente (Tabla 4).

Tabla 4. Intervalos de amplitud de las medias para los perfiles de metabolitos sanguíneos de cuyes de 15 a 120 días bajo sistema de cría intensiva en condiciones tropicales húmedas (IC del 95%).

Perfil de metabolitos en sangre	Edad (días)			
	15-21	22-35	36-60	61-120
TP (gdL ⁻¹)	[06,22–07,34]	[06,15–07,64]	[07,42–08,04]	[07,98–08,46]
AL (gdL ⁻¹)	[03,85–04,02]	[03,22–03,91]	[03,25–03,75]	[03,93–04,14]
TB (mgdL ⁻¹)	[00,54–00,62]	[00,51–00,58]	[00,58–00,83]	[00,89–00,95]
DBIL (mgdL ⁻¹)	[00,14–00,17]	[00,12–00,18]	[00,17–00,23]	[00,18–00,21]
Glucose(gdL ⁻¹)	[75,36–97,08]	[53,64–65,47]	[85,61–88,84]	[83,90–88,10]
TC (mgdL ⁻¹)	[65,74–77,74]	[43,77–50,79]	[26,15–29,14]	[27,72–29,26]
TG (mgdL ⁻¹)	[43,56–54,93]	[33,52–40,90]	[42,68–46,27]	[41,69–46,46]
AST (UIL ⁻¹)	[59,36–63,03]	[76,57–86,70]	[87,75–91,03]	[90,72–91,91]
ALT (UIL ⁻¹)	[10,90–11,77]	[19,19–21,41]	[15,59–17,24]	[11,82–12,56]
Urea (mgdL ⁻¹)	[33,29 – 42,11]	[30,95–37,18]	[33,72–37,38]	[42,84–48,43]

TP: protefna total, AL: albúmina, TB: bilirrubina total, DBIL: bilirrubina directa o conjugada, TC: colesterol total, TG: triglicéridos, AST: aspartato transaminasa, ALT: alanina transaminasa.

Al igual que los intervalos para los perfiles hematológicos, no se encuentran publicaciones que refieran a intervalos de perfiles de metabolitos sanguíneos por fase de desarrollo en cuyes destinados a producción. Sin embargo, los intervalos de amplitud media encontrados en el presente estudio siguen tendencias similares a los intervalos de referencia establecidos para cuyes de laboratorio (Quesenberry, Donnelly y Mans, 2012; McClure, 1999; Ness, 1999; Washington y Van Hoosier, 2012; Williams y col., 2016); cepa 13/N (Genzer y col., 2019), Weiser-Maples (Kitagaki y col., 2005).

En los cuyes destinados a producción, debido a las elevadas necesidades metabólicas para responder a la presión de producción, la fisiología hematológica y de metabolitos sanguíneos varía en cortos períodos de edad o etapas, en contraste con los cuyes con el propósito de ser animales de laboratorio. Por lo tanto, es útil disponer de perfiles y sus intervalos de amplitud media para estos perfiles con el

fin de interpretar de manera más adecuada el estado de salud y producción de esta especie animal.

Los perfiles e intervalos de amplitud media de los perfiles hematológicos y de metabolitos sanguíneos obtenidos en este estudio, a pesar de las diferencias genéticas, nutricionales y el propósito de cría, difieren solo ligeramente de aquellos obtenidos en las cepas o biotipos de cuyes para experimentos de laboratorio.

4 Conclusiones

Los perfiles hematológicos y de metabolitos sanguíneos obtenidos de los cuyes criados bajo sistemas de cría intensiva en condiciones tropicales húmedas muestran cambios significativos con la edad de producción.

Estos perfiles son cercanos a los reportados para cuyes utilizados como animales de laboratorio,

criados en ambientes de normoxia, y los perfiles hematológicos son inferiores a los reportados para los cuyes criados en ambientes de hipoxia. No obstante, se deberían realizar estudios en bioquímica endocrina con el propósito de contribuir a las mejoras del bienestar, salud y producción de esta especie.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Nacional Agraria de la Selva por apoyar con la infraestructura de campo y todos los costos involucrados para esta investigación como parte del proyecto de investigación institucional y fortalecimiento académico.

Contribución de los autores

D.P.L.: Conceptualización, administración del proyecto, metodología, escritura borrador original; R.R.H.: Análisis formal, investigación, validación, visualización; U.A.P.: Curación de datos, recursos, software; M.M.C.: Adquisición de financiamiento, supervisión, escritura-revisión y edición.

Referencias

Al-Sweedan, S. y M. Alhaj (2012). «The effect of low altitude on blood count parameters». En: *Hematology oncology and stem cell therapy* 5.3, 158-161. Online:https://n9.cl/dh0z7.

Alberton, S., C. Vergneau-Grosset y N. Summa (2019). «Advances in exotic animal clinical pathology». En: *Veterinary Clinics: Exotic Animal Practice* 22.3, 367-385. Online:https://n9.cl/j64qi.

Barrios-Arpi, L. y S. Morales-Cauti (2020). «Cytomorphological characterization of lymphadenopathies in guinea pigs: study of 31 clinical cases». En: *Journal of Exotic Pet Medicine* 32, 1-5. Online:https://n9.cl/2m9la.

Bazán, V. y col. (2019). «Efecto de la infección subclínica de Salmonella Typhimurium sobre los parámetros productivos en la producción de cuyes de engorde (Cavia porcellus)». En: *Revista de investigaciones veterinarias del Perú* 30.4, 1697-1706. Online:https://n9.cl/cdcea.

Chauca, F. (1995). «Producción de cuyes (Cavia porcellus) en los países andinos». En: *Revista Mundial de Zootecnia* 83.2, 9-19. Online:https://n9.cl/f19m7.

Ding, X. y col. (2014). «Physiological insight into the high-altitude adaptations in domesticated yaks (Bos grunniens) along the Qinghai-Tibetan Plateau altitudinal gradient». En: *Livestock Science* 162, 233-239. Online:https://n9.cl/6yg6b.

Doneley, B. (2015). «Clinical technique: techniques in the practice diagnostic laboratory: a review.» En: *The Veterinary Clinics of North America. Exotic Animal Practice* 18.1, 137-146. Online:https://n9.cl/ray9e.

Dyer, S. y E. Cervasio (2008). «An overview of restraint and blood collection techniques in exotic pet practice». En: *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice* 11.3, 423-443. Online:https://n9.cl/x4uf0.

Eckersall, P. (2008). «Clinical Biochemistry of Domestic Animals». En: Academic Press. Cap. Chapter 5: Proteins, proteomics, and dysproteinemias, págs. 117-155.

Genzer, S. y col. (2019). «Hematology and clinical chemistry reference intervals for inbred strain 13/N guinea pigs (Cavia porcellus)». En: *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science* 58.3, 293-303. Online:https://n9.cl/c80mx.

Gupta, R., P. Verma y G. Chaturvedi (1999). «Experimental salmonellosis in Guinea-pigs: haematological and biochemical studies». En: *Veterinary Research Communications* 23, 415-424. Online:https://n9.cl/97w3z.

Harvey, J.W. (2001). *Atlas of veterinary Hematology, blood and bone marrow of domestic animals*. Saunders. Philadelphia, PA : Saunders.

Hoffman, W. y P. Solter (2008). «Clinical Biochemistry of Domestic Animals». En: Academic Press. Cap. Diagnostic enzymology of domestic animals, págs. 351-378.

Izurrieta, J. y col. (2017). «Determinación de los valores de referencia en el hemograma de caballos nacidos o criados a más de 3000 msnm en la sierra centro norte ecuatoriana». En: *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida* 25.1, 62-70. Online:https://n9.cl/fl4is.

Kitagaki, M. y col. (2005). «Age-related changes in haematology and serum chemistry of Weiser-Maples guineapigs (Cavia porcellus)». En: *Labo-*

- ratory animals 39.3, 321-330. Online: <https://n9.cl/n2ia3>.
- Layne, A. y col. (2011). «Lesiones anatomopatológicas en cuyes (*Cavia porcellus*) con diagnóstico bacteriológico de salmonella sp.» En: *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 22.4, 369-376. Online: <https://n9.cl/7ufh7>.
- Lechner, A., V. Salvato y N. Banchemo (1980a). «Hematology and red cell morphology in guinea pigs acclimated to chronic hypoxia during growth». En: *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology* 67.2, 239-244. Online: <https://n9.cl/96emcf>.
- (1980b). «Hematology in developing guinea pigs—I. Normal maturation». En: *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology* 66.3, 537-540. Online: <https://n9.cl/3m15i>.
- (1980c). «Hematology in developing guinea pigs—II chronic exposure to 5° C». En: *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology* 66.3, 541-544. Online: <https://n9.cl/1uv5o>.
- (1981). «The hematological response to hypoxia in growing guinea pigs is blunted during concomitant cold stress». En: *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology* 70.3, 321-327. Online: <https://n9.cl/ktahrw>.
- Lewis, J. (1992). «Comparative hematology: studies on guinea-pigs (*Cavia porcellus*).» En: *Comparative Biochemistry and physiology. Comparative Physiology* 102.3, 507-512. Online: <https://n9.cl/7rsfi>.
- Luna, D.F. y col. (2018). «Determinación de los valores de referencia en el hemograma de caballos nacidos o criados entre 0 y 500 m.s.n.m. en la región litoral del Ecuador». En: *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida* 28.2, 92-102. Online: <https://bit.ly/466QphE>.
- McClure, D. (1999). «Clinical pathology and sample collection in the laboratory rodent». En: *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice* 2.3, 565-590. Online: <https://n9.cl/1c2v9>.
- Ness, R. (1999). «Clinical pathology and sample collection of exotic small mammals». En: *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice* 2.3, 591-620. Online: <https://n9.cl/oe8usz>.
- Olazábal, J. y col. (2019). «Deficiencia de vitamina C como causa de mortalidad y morbilidad en cuyes de crianza intensiva y su tratamiento». En: *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 30.4, 1718-1723. Online: <https://n9.cl/c4yiy>.
- Paredes-López, D., W. Villacorta-López y T. Valencia-Chamba (2014). «Patología e identificación bacteriológica preliminar en la mortalidad asociada con un síndrome de pérdida de peso progresivo en cuyes (*Cavia porcellus*)». En: *Investigación y Amazonía* 4.1 y 2, 57-61. Online: <https://n9.cl/xo6lx>.
- Paredes-López, D. y col. (2017). «Efecto de la harina de hojas de *Erythrina* sp. sobre el perfil bioquímico, parámetros biológicos e histopatología del hígado de *Cavia porcellus*». En: *Scientia Agropecuaria* 8.4, 297-304. Online: <https://n9.cl/3akyhm>.
- Quesenberry, K., T. Donnelly y C. Mans (2012). «Ferrets, rabbits, and rodents: Clinical medicine and surgery». En: Elsevier/Saunders. Cap. Biology, husbandry, and clinical techniques of guinea pigs and chinchillas, págs. 279-294.
- Ramirez-Borda, Y., L. Cárdenas-Villanueva y O. Gómez-Quispe (2019). «Concentración sérica de aminotransferasas en cuyes (*Cavia porcellus*) alimentados con dietas basadas en pisonay (*Erythrina* sp)». En: *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 30.3, 1099-1108. Online: <https://n9.cl/ybgpls>.
- Reece, W. (2015). «Physiology of Domestic Animals». En: Wiley Blackwell. Cap. The composition and functions of blood, págs. 114-136.
- Samour, J., C. Silvanose y H. Pendl (2016). «Avian Medicine». En: Mosby. Cap. Clinical and diagnostic procedures, págs. 73-175.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) (2021). *Promedio de temperatura y precipitación normal para Tingo Maria*.
- Snyder, L., S. Born y A. Lechner (1982). «Blood oxygen affinity in high-and low-altitude populations of the deer mouse». En: *Respiration Physiology* 48.1, 89-105. Online: <https://n9.cl/192lt2>.
- Venturo, R. y S. Morales-Cauti (2020). «Concordancia entre el cultivo micológico y la citopatología en el diagnóstico de dermatofitosis en cuyes». En: *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida* 32.2, 106-113. Online: <https://n9.cl/z992l>.
- Vergara, V. (2009). «Producción de cuyes». En: Fondo Editorial UCSS, Universidad Católica Sedes Sapientiae. Cap. Nutrición y Alimentación, pág. 808.
- Waner, T. y col. (1996). «Hematology and Clinical Chemistry Values of Normal and Euthymic Hairless Adult Male Dunkin-Hartley Guinea Pigs (*Cavia porcellus*)». En: *Veterinary Clinici-*

- cal Pathology* 25.2, 61-64. Online:<https://n9.cl/eucu9>.
- Washington, I. y G. Van Hoosier (2012). «The Laboratory Rabbit, Guinea Pig, Hamster and Other Rodents». En: Academic Press. Cap. Clinical Biochemistry and hematology, págs. 57-116.
- Williams, W. y col. (2016). «Blood profiles in unanesthetized and anesthetized guinea pigs (*Cavia porcellus*)». En: *Lab animal* 45.1, 35-41. Online:<https://n9.cl/cgnc8>.
- Yamada, G., V. Bazán y N. Fuentes (2019). «Comparación de parámetros productivos de dos líneas cárnicas de cuyes en la costa central del Perú». En: *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 30.1, 240-246. Online:<https://n9.cl/bzb9i>.
- Zimmerman, K., D. Moore y S. Smith (2010). «Veterinary Hematology». En: Blackwell Publishing. Cap. Hematology of guinea pig, págs. 893-898.
- (2015). «Veterinary Hematology». En: Blackwell Publishing. Cap. Hematology of guinea pig, págs. 893-898.