

Efecto de cinco niveles de balance electrolítico dietario en el crecimiento, características de carcasa y metabolitos de suero sanguíneo del cuy (*Cavia porcellus*)

Effects of five levels of dietary electrolyte balance on growth, carcass characteristics and blood serum metabolites of guinea pig (*Cavia porcellus*)

Manuel Paredes^{1,4}, José Mantilla¹, Irma Bustamante¹, Joe Mantilla¹,
José Cayotopa², Cristian Hoban², Pedro Ortiz², Arif Mustafa³

RESUMEN

Se realizó un estudio para determinar los efectos del balance electrolítico dietario (BED) sobre el rendimiento productivo, características de la canal y metabolitos sanguíneos del cuy en una granja experimental de Cajamarca, Perú. Se utilizaron 150 cuyes machos distribuidos en cinco tratamientos con cinco niveles de BED: 100, 200, 300, 400 y 500 mEq/kg. Cada tratamiento tuvo seis repeticiones y cada repetición con cinco cuyes/poza. Los cuyes consumieron alimento concentrado durante 42 días. Al término del periodo experimental se sacrificaron seis cuyes por tratamiento para determinar el rendimiento de carcasa, pesos relativos de las vísceras y concentración de metabolitos sanguíneos. Se encontraron diferencias ($p < 0.05$) en el peso corporal final, ganancia de peso e índice de conversión alimenticia a favor de cuyes con BED de 300 mEq/kg. No hubo diferencias significativas entre tratamientos en las características de la canal ni en los valores de metabolitos en sangre, excepto la creatinina. Según los resultados de este estudio, el cuy podría ser alimentado con 300 mEq/kg de BED, con resultados satisfactorios de crecimiento.

Palabras clave: sodio, potasio, cloro, productividad animal, carne

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

² Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Cajamarca, Perú

³ McGill University, McDonald Campus, QC, Canadá

⁴ E-mail: mepaunc@gmail.com; mparedes@unc.edu.pe

Recibido: 5 de julio de 2020

Aceptado para publicación: 24 de diciembre de 2020

Publicado: 24 de abril de 2021

ABSTRACT

A study was carried out to determine the effects of dietary electrolyte balance (BED) on the productive performance, carcass characteristics and blood metabolites of guinea pig in an experimental farm in Cajamarca, Peru. In total, 150 male guinea pigs distributed in five treatments with five levels of BED: 100, 200, 300, 400 and 500 mEq/kg. Each treatment had six repetitions and each repetition with five guinea pigs/pen. The guinea pigs consumed concentrated feed for 42 days. At the end of the experimental period, six guinea pigs per treatment were slaughtered to determine the carcass yield, relative weights of the viscera and concentration of blood metabolites. Differences ($p < 0.05$) were found in final body weight, body weight gain, and feed conversion index in favour of guinea pigs with BED of 300 mEq/kg. There were no significant differences between treatments in carcass characteristics or in blood metabolite values, except creatinine. According to the results of this study, guinea pig could be fed 300 mEq/kg of BED, with satisfactory growth results.

Key words: sodium, potassium, chloride, animal productivity, meat

INTRODUCCIÓN

Los piensos balanceados para producción animal generalmente cubren el requerimiento de minerales, como Ca, P, Na y Cl; sin embargo, no consideran el balance electrolítico de la dieta (BED), que es el saldo neto entre cationes fijos y aniones (Guzmán-Pino *et al.*, 2015). El BED se determina de acuerdo con el porcentaje de Na, K y Cl del alimento y el peso molecular de estos elementos, que permiten expresar el BED en mEq por kilogramo de dieta (Adedokun *et al.*, 2017). El BED regula la homeostasis y mantiene el contenido de electrolitos corporales en equilibrio (Borges *et al.*, 2003a); así, las pérdidas de aminoácidos endógenos en el íleon están significativamente afectadas por BED (Adedokun y Applegate, 2014). La reducción del BED puede influir negativamente en la digestibilidad de algunos aminoácidos (Chrystal *et al.*, 2020).

La ingesta de Na y K influyen en la cantidad de urea excretada en la orina y el volumen de orina (Burgos *et al.*, 2010). El Cl

también forma parte de las secreciones gástricas e influye sobre la actividad del sistema ductal del páncreas que secreta grandes volúmenes de líquido alcalino que contiene concentraciones de HCO_3 (Yamaguchi *et al.*, 2017). El Na, K y Cl en la dieta permiten un buen funcionamiento orgánico y crecimiento por ser esenciales para la síntesis de proteínas tisulares y en las reacciones enzimáticas (Borges *et al.*, 2003b). El cloruro de sodio (NaCl) es un componente importante del compartimento extracelular y es el principal determinante de la osmolalidad plasmática y del volumen de líquido extracelular, e influye en la ingestión y excreción urinaria de agua y electrolitos; así en mamíferos, un aumento mínimo en la osmolalidad plasmática de 1 a 2%, disminución en el volumen de líquido extracelular y reducción del 10% en el volumen sanguíneo inducen sed intensa (Antunes-Rodríguez *et al.*, 2004).

El organismo animal tiene dos compartimentos líquidos principales donde se produce el equilibrio ácido-base: el intracelular y el extracelular, encontrándose en este últi-

mo el líquido intersticial, plasmático y transcelular (Church *et al.*, 2003). La regulación precisa del volumen y la osmolalidad de los fluidos corporales es fundamental para la supervivencia, y se da principalmente mediante el sistema respiratorio y sistema renal (Hopkins y Sharma 2019). El equilibrio hídrico corporal a nivel renal sostiene la osmolalidad en plasma y la concentración de Na en orina (Hew-Butler *et al.*, 2014). Alteraciones en el equilibrio de líquidos y electrolitos pueden deberse a una alta pérdida de agua, problemas renales, expansión persistente del compartimento de líquido extracelular y retención de líquido intersticial, provocando problemas nerviosos, cardíacos y respiratorios (Elstgeest *et al.*, 2010).

En cerdos, aves y vacas lecheras se han realizado diversas investigaciones acerca del BED. En lechones, se evaluaron dietas con 16 y 269 mEq/kg de BED con la finalidad de definir la preferencia de alimentos y cambios en el rendimiento productivo (Guzmán-Pino *et al.*, 2015), en tanto que Deng *et al.* (2020) encontró que dietas con 250 mEq/kg de BED redujo el pH gastrointestinal y promovió el enriquecimiento de la microbiota intestinal con bacterias benéficas. De otra parte, no se disponen de requerimientos de Cl y Na en la dieta de cuyes, y los requerimientos de K del cuy dependen de las concentraciones dietéticas de Ca, P y Mg (NRC, 1995); sin embargo, cuando el cuy es alimentado solo con alfalfa verde, es decir 0.10% de Na, 0.65% de Cl y 2.35% de K (NRC, 2001), el cuy consume un alimento con un BED estimado de 500 mEq/kg y un exceso diario de agua de 53 ml (Chauca, 2018).

La temperatura ambiente y la dieta pueden alterar el equilibrio ácido base del organismo (Borges *et al.*, 2004). El cuy en la sierra peruana es criado a bajas temperaturas ambientales y en condiciones de hipoxia natural que podrían afectar el crecimiento rápido por anaerobiosis celular e hipoxia del tejido muscular (Huchzermeyer, 2012), de alta demanda de oxígeno y que en condiciones adversas, puede conllevar a posibles desor-

denes metabólicos (Shlosberg, 1998). En estas condiciones, es importante la regulación de las condiciones de crianza y la oferta de alimentos con un adecuado BED, el cual puede producir cambios en el contenido de oxígeno y pH de la sangre (Dersjant-Li *et al.*, 2002). Del mismo modo se ha demostrado en algunos animales que el BED puede modificar la calidad de la carne, por la caída del pH *post mortem*, que junto al nerviosismo y estrés del cuy podría agotar la concentración de glucógeno provocando disminución rápida del pH muscular (Sánchez-Macías *et al.*, 2018). En el presente estudio se propuso encontrar el mejor BED a fin de mejorar la eficiencia del cuy con fines cárnicos criados en condiciones hipóxicas naturales, para lo cual se evaluó el efecto de cinco diferentes niveles de BED sobre indicadores de crecimiento, características de la carcasa y metabolitos sanguíneos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del Estudio

El presente estudio se realizó entre mayo y junio de 2019 en la granja experimental de animales menores de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, ubicada a una altitud de 2684 msnm, en la provincia de Cajamarca, sierra norte del Perú. La zona presentó temperaturas ambientes mínimas y máximas para la indicada temporada de 5.1 y 20.3 °C, respectivamente, y 12 horas de luz natural.

Animales, Diseño Experimental y Dietas

Se utilizaron 150 cuyes machos de la raza Perú, de 4-10 semanas de edad, que fueron distribuidos en cinco tratamientos bloqueados por peso. Los animales se alojaron en 30 pozas (seis por tratamiento) con cinco cuyes por poza, las cuales estaban equipadas con un bebedero y un comedero. Los cuyes fueron alimentados *ad libitum* durante 42 días

experimentales con cinco piensos isonitrogenados e isoenergéticos, diferenciados por el BED: 100, 200 300, 400 y 500 mEq/kg. El BED fue calculado considerando las concentraciones de Na, K y Cl de la dieta y sus respectivos pesos moleculares, de acuerdo con la fórmula indicada por Chrystal *et al.* (2020): $BED (mEq/kg) = (mg/kg \text{ de Na}/23) + (mg/kg \text{ de K}/39.1) - (mg/kg \text{ de Cl}/35.5)$.

El BED se ajustó mediante inclusiones dietarias de cloruro de sodio, bicarbonato de sodio y cloruro de calcio como se muestra en el Cuadro 1. Se suministró agua *ad libitum*, y con la ayuda de dos vasos de precipitado de vidrio borosilicatado de 250 ml, se midió el suministro de agua y el residuo en cada bebedero de arcilla cocida tipo pocillo, lo que permitió determinar la ingesta diaria de agua mediante la diferencia entre suministro menos residuo multiplicado por el factor 0.912 que representa la eficiencia en consumo para este tipo de bebedero (Sánchez *et al.*, 2013). Se registró la ingesta diaria de agua permitiendo calcular la ingesta total/cuy según tratamiento y el promedio diario para la etapa experimental.

Rendimiento Productivo

- El consumo de alimento se registró diariamente por cada poza como la diferencia entre la cantidad de alimento suministrado y el alimento restante al final de cada día.
- Los animales se pesaron en grupo cada semana y la ganancia media diaria (GMD) se determinó como la diferencia entre el peso vivo (PV) inicial y final dividido por 42 días.
- La ingesta diaria de alimento (IDA) de determinó mediante la suma del consumo total de alimento por poza durante el periodo experimental dividido por 42 días y entre el número de cuyes por poza. La IDA se expresa en gramos de materia seca (MS) promedio por cuy, para lo cual se multiplicó el porcentaje de MS de cada dieta experimental por la cantidad de alimento ingerido.

- El índice de conversión alimenticia (ICA) se calculó a partir del consumo promedio de alimento colectivo y el aumento de peso corporal grupal, según poza.

Las mediciones del PV y del suministro y rechazo del alimento se hizo con una balanza electrónica de precisión KERN, de capacidad 2100 g, precisión de lectura 0.01 g.

Carcasa y Vísceras

Al final del estudio, seis cuyes por tratamiento fueron elegidos al azar y sacrificados mediante corte de la arteria carótida y vena yugular de acuerdo con Sánchez-Macías *et al.* (2018). El peso y el pH de la carcasa caliente (CC) se determinaron a los 45 minutos *post mortem* y de la carcasa fría (CF) luego de 24 h de refrigeración a 4 °C. La medición del pH se realizó con un pHmetro digital portátil Hanna® HI 99163 en el músculo *Psoas mayor*. Además, se extrajeron las vísceras de la CC y se pesaron utilizando la balanza indicada anteriormente. El rendimiento de carcasa (RC) se determinó mediante el peso de la CC x 100 dividido por el PV final.

El peso de cada carcasa caliente (P_0) se utilizó para determinar la pérdida por goteo de la carne mediante la diferencia de peso con la carcasa (P_f) refrigerada: $\%PG = 100 - ((P_0/P_f) \times 100)$ (Pang *et al.*, 2020). El tracto gastrointestinal (TGI), hígado, corazón, pulmones, grasa peri-renal, riñones y cabeza fueron removidos de la carcasa, y pesados en una balanza Kern de 400 g de capacidad (± 0.01 g). Los pesos de las vísceras se relacionaron al peso vivo de cada cuy según tratamientos mediante la división del peso del órgano x 100 sobre el PV.

Metabolitos del Suero Sanguíneo

El análisis de sangre fue realizado en el Laboratorio de Nutrición Crampton del Departamento de Ciencia Animal, Universidad McGill, Canadá. Se seleccionó un cuy con el peso más cercano al promedio de cada poza

Cuadro 1. Ingredientes y contenido nutricional de las dietas experimentales (g/kg, base fresca) con diferente balance electrolítico (mEq/kg)

	Balance Electrolítico de la Dieta (BED), (mEq/kg)				
	100	200	300	400	500
Ingredientes					
Maíz	200	200	200	200	200
Afrecho de trigo	326	328	328	324	316
Torta de soya	190	190	190	190	190
Polvillo de arroz	200	200	200	200	200
Heno de alfalfa	60	60	60	60	60
Carbonato de calcio	3	8	14	15	15
Sal común	3	3	3	-	-
DL Metionina	1	1	1	1	1
Premezcla vitamínica-mineral ¹	1	1	1	1	1
Ascorbil oral ²	1	1	1	1	1
Bicarbonato de sodio	2	1	1	8	16
Cloruro de calcio	13	7	1	-	-
Total	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
Contenido nutricional calculado					
Materia seca	881.5	881.4	881.3	881.9	882.8
Proteína cruda	182.9	183.1	183.1	182.2	181.0
Energía digestible, Kcal/kg	2871	2874	2874	2859	2839
Fibra	94.1	94.2	94.2	93.5	92.5
Lisina	9.2	9.2	9.2	9.1	9.1
Metionina	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Calcio	7.8	7.6	7.8	7.8	7.8
Fósforo	7.7	7.7	7.7	7.7	7.6
Sodio	2.0	1.7	1.7	2.4	4.6
Cloro	10.9	7.1	3.3	0.9	0.9
Potasio	13	13	13	13	13
Balance electrolítico, mEq/kg ³	104	200	305	404	496

¹ Cada kilogramo contiene: Vit. A 9 000 mil UI, Vit. D₃ 2 500 mil UI, Vit. E 15 000 UI, Vit. K₃ 2.5 g, tiamina 1.5 g, riboflavina 6.5 g, cianocobalamina 0.01g, ácido pantoténico 5.50 g, ácido fólico 1 g, niacina 25 g, Mn 70 g, Zn 70 g, Fe 30 g, Cu 8 g, I 1 g, Se 0.30 g, Co 0.1 g

² Fuente de ácido ascórbico 100%

³ BED (mEq/kg) = (mg/kg Na/23) + (mg/kg K/39.1) - (mg/kg Cl/35.5)

Cuadro 2. Efecto del balance electrolítico dietario sobre indicadores de crecimiento de cuyes (*Cavia porcellus*) evaluado entre 29 y 70 días de edad

	Balance electrolítico (mEq/kg)					SEM ¹	p
	100	200	300	400	500		
PC inicial (g)	429.7	427.4	441.1	436.6	440.9	2.83	0.796
PC final (g)	764.9 ^b	779.4 ^b	861.2 ^a	801.4 ^b	691.5 ^c	27.49	0.042
IDA (g de MS/cuy)	50.1	49.4	51.7	51.2	49.3	0.48	0.671
GMD (g/cuy)	8.0 ^b	8.4 ^b	10.0 ^a	8.7 ^b	6.0 ^c	0.65	0.039
ICA	6.2 ^b	5.9 ^b	5.2 ^c	5.9 ^b	8.2 ^a	0.51	0.027
CDA (ml/cuy)	101.4 ^c	102.9 ^c	110.3 ^b	118.9 ^{ab}	138.4 ^a	6.76	0.041

^{a,b,c} Valores medios en la misma fila con diferente superíndice son estadísticamente diferentes (p<0.05)

¹ Error estándar de la media

PC: peso corporal; IDA: ingesta diaria de alimento; GMD: ganancia media diaria; ICA: índice de conversión alimenticia; CDA: consumo diario de agua

y se desangraron a través del corte de la arteria carótida y de la vena yugular. La sangre se recogió en tubos con heparina y se centrifugó inmediatamente a 2000 rpm durante 15 minutos a 10 °C. El plasma resultante se colocó en dos tubos Eppendorf de 1.5 ml y se almacenaron a -20 °C.

La actividad sérica de aspartato aminotransferasa (AST) y fosfatasa alcalina (ASP), la proteína total (PT), el nitrógeno ureico en sangre (NUS) y el contenido de albúmina fueron determinados con el analizador bioquímico Yellow Springs Instrument YSI 2300 (Life Sciences). La concentración de Na y K en plasma se midió utilizando electrodos selectivos de iones, el cloro se estimó utilizando un espectrofotómetro de absorción atómica Biobase BK-AA32ON. La osmolalidad plasmática (PO) se determinó utilizando un osmómetro de presión de vapor VAPRO 5520.

Análisis Estadístico

Los datos se analizaron mediante el procedimiento MIXED del SAS (2006). Los datos de rendimiento del crecimiento, carcasas y los metabolitos del suero sanguíneo obtenidos se analizaron bajo un diseño de bloques completos al azar. Se usó la prueba de Duncan para detectar diferencias entre las medias de los tratamientos, y se declaró la significación estadística a un nivel de p<0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento Productivo

Los valores medios para el peso corporal (PC), la ganancia media diaria, la ingesta de alimento e índice de conversión alimenticia de los cuyes se resumen en el Cuadro 2. Hubo diferencias significativas (p<0.05) para PC final, GMD e ICA a favor del BED con

300 mEq/kg. El peso corporal se encuentra dentro del rango reportado por Kouakou *et al.* (2013), y fue superior al peso de otros genotipos de cuyes reportados por Chauca (1995).

Los niveles de BED menores y mayores de 300 mEq/kg afectaron los parámetros productivos de los cuyes; sin embargo, no generaron un mayor consumo de alimento concentrado, aunque influenciaron a un mayor consumo de agua en los grupos BED de 400 y 500 mEq/kg. El rendimiento obtenido por efecto del BED, en condiciones de frío y altitud, sugiere que el cuy es una especie muy susceptible a cambios electrolíticos de la dieta; lo cual no siempre sucede con pollos alimentados con BED variados (Adedokun *et al.*, 2017). Asimismo, se concuerda con Ravindran *et al.* (2008) quienes indican que BED inferiores a 225 mEq/kg y mayores a 300 mEq/kg produjeron mermas en el crecimiento de pollos parrilleros debido a la reducción de la digestibilidad de los aminoácidos dietarios.

Las dietas experimentales se diseñaron para generar diferentes valores de BED, variando las fuentes de calcio y de sodio en la dieta basal de cada tratamiento. Para reducir el valor de BED, el carbonato de calcio fue reemplazado por cloruro de calcio, manteniendo una concentración constante de calcio en las dietas (entre 7.6 a 7.8 g/kg), pero con altas concentraciones de cloruro en los tratamientos con 100 y 200 mEq/kg de BED; de esta manera, es posible que las diferencias en la solubilidad entre las sales de cloruro y carbonato puedan haber promovido diferencias en la absorción real de calcio (Guzmán-Pino *et al.*, 2015), generando diferencias en el crecimiento de los cuyes.

El menor crecimiento de los cuyes también podría explicarse por los altos niveles de Cl en las dietas con menor BED, dado el efecto antagonista del Cl sobre la calcificación del sistema esquelético (Lázaro *et al.*, 2002). Por otro lado, se suministró bicarbonato de

sodio para aumentar el BED de los tratamientos con 400 y 500 mEq/kg, reemplazando al cloruro de sodio, lo cual pudo afectar el crecimiento en estos animales, dado que el sodio es el principal catión del líquido extracelular y el regulador más importante de la osmolalidad sanguínea. Al aumentar la osmolalidad, las neuronas hipotalámicas sufren una disminución en su volumen por causas osmóticas y, a consecuencia de este efecto, se estimula la sed y se libera vasopresina con el fin de incrementar la ingesta de agua y retención de la misma en el túbulo colector renal a fin de disminuir la osmolalidad (Paniagua, 2015). Esto explica, que el mejor BED para cuyes en crecimiento estuvo en 300 mEq/kg, porque dietas con menores BED fueron acidogénicas, provocando posiblemente disminución de pH sanguíneo. Por el contrario, dietas con altos BED provocaron posiblemente hipernatremia con los subsiguientes trastornos como mayor consumo de agua, incremento de la osmolalidad y mayor esfuerzo renal; todo lo cual se refleja en menores GMD e ICA encontrados en el presente estudio. Tanto la acidosis como la alcalosis son estados patológicos según su severidad; para lo cual el organismo mediante mecanismos homeostáticos regula el balance ácido-base afectado por la ingesta de sustancias contenidas en el alimento (Caballero y Clerici, 2020).

Características de Carcasa

Los valores medios para las características de canal de los animales por tratamiento se presentan en el Cuadro 3. Se encontraron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre pesos corporales y pesos de carcasa. Los pesos de la carcasa y rendimiento de carcasa estuvieron dentro de los rangos reportados (Mínguez y Calvo, 2018; Sánchez-Macías *et al.*, 2018; Mínguez *et al.*, 2019).

La diferencia de pesos de la carcasa entre tratamientos se debió al peso vivo final de los cuyes, sin encontrarse diferencias estadísticas en el peso relativo de la carcasa

Cuadro 3. Efecto del balance electrolítico dietario sobre las características de la carcasa de cuyes (*Cavia porcellus*) de 70 días de edad

	Balance electrolítico (mEq/kg)					SEM ¹	p
	100	200	300	400	500		
PC de sacrificio (g)	766	899	902	802	712	37.28	0.046
PCC (g)	538	616	661	545	483	31.31	0.049
PCF (g)	520	594	638	524	465	29.35	0.045
RC (%)	70,3	68.7	73.1	67.9	68.1	1.09	0.542
pH 45m	6.9	6.9	7.1	7.1	7.2	0.06	0.831
pH 24h	6.4	6.5	6.5	6.7	6.7	0.06	0.884
PPG (%)	3.3	3,5	3.4	3.8	3.7	0.11	0.524
Peso de menudencias (g/100 g de PC)							
TGI	23.3	22.2	20.6	21.1	21.5	0.47	0.411
Hígado	2.9	3.0	2.8	2.9	3.1	0.04	0.807
Corazón	0.4	0.3	0.4	0.5	0.5	0.03	0.863
Cabeza	8.8	7.5	7.7	7.6	7.7	0.24	0.445
Riñones	1.2	1.0	0.8	1	1.2	0.07	0.118
Pulmones	0.9	0.7	0.6	0.7	0.8	0.04	0.814
Grasa perineal	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.01	0.911

^{a,b,c} Valores medios en la misma fila con diferente superíndice son estadísticamente diferentes (p<0.05)

¹ SEM: Error estándar de la media

PC: peso corporal; PCC: peso de carcasa caliente; PCF: peso de carcasa fría; RC: rendimiento de carcasa; PPG: pérdida por goteo; TGI: tracto gastrointestinal

respecto del peso corporal. El pH y las pérdidas por goteo de las canales de cuy no mostraron diferencias atribuidas a los diferentes niveles de BED. El pH de las carcasas fue similar a los valores 6.74 y 5.96 medidos en el músculo *Longissimus dorsi*, a 1 y 24 h *post mortem* reportados por Lucas *et al.* (2017) en cuyes alimentados con 80% de forraje verde más afrecho de trigo en el valle altoandino de El Mantaro; asimismo, Nakandakari *et al.* (2014) encontraron valores de pH en el músculo *Psoas mayor* de cuy de 6.71 y 6.06 a las 0 y 24 h *post mortem*, respectivamente, a partir de cuyes alimenta-

dos con maíz chala y alimento balanceado, en condiciones de costa central del Perú. Por tanto, las pequeñas diferencias de pH del cuy pueden atribuirse a condiciones ambientales de crianza y posiblemente al músculo donde se midió el pH.

El peso relativo de las vísceras no fue influenciado por los niveles de BED. Los pesos relativos de las vísceras concuerdan con los hallados por Mustafa *et al.* (2019) en cuyes del valle de Condebamba, región de Cajamarca.

Cuadro 4. Efecto del balance electrolítico dietario sobre los metabolitos séricos de la sangre cuyes (*Cavia porcellus*) de 70 días de edad

Metabolitos séricos	Balance electrolítico (mEq/kg)					SEM ¹	p
	100	200	300	400	500		
AST (U/l)	70.7	73.3	85.3	83.4	86.3	3.24	0.076
Albúmina (g/L)	28.3	26.7	25.7	27.7	29.4	0.64	0.099
ALP (U/L)	163.3	199	175	187.2	198.1	6.86	0.145
Creatinina (μ/L)	107 ^c	123 ^{bc}	150 ^b	182 ^{ab}	201 ^a	17.56	0.042
Osmolalidad (mOsm/kg H ₂ O)	301.3	297.7	318.3	322.1	325.7	5.67	0.331
Proteína total (g/l)	48.7	46.3	47.7	48.9	49.1	0.52	0.884
Nitrógeno ureico (mmol/l)	10.3	9.7	9.1	9.8	10.7	0.27	0.524
Na (mmol/l)	141.3	142	143.3	145.3	145.9	0.89	0.759
K (mmol/l)	7.7	7	6.2	6.8	6.2	0.28	0.127
Cl (mmol/l)	103.7	103.3	101	102.3	103.1	0.48	0.672
Na:K	18.3	20.3	23.3	21.4	23.5	0.97	0.185

^{a,b,c} Valores medios en la misma fila con diferente superíndice son estadísticamente diferentes (p<0.05)

¹ SEM: Error estándar de la media

AST: Aspartato aminotransferasa; ALP: Alcalina fosfatasa

Metabolitos Sanguíneos

Los parámetros sanguíneos se presentan en el Cuadro 4. Los niveles de AST, albúmina, ALP, osmolalidad, PT, NUS y minerales no difirieron significativamente entre los tratamientos por efecto de BED, excepto la creatinina (p<0.05). AST es una enzima importante para evaluar la función hepática, ya que sus niveles plasmáticos reflejan el estado de salud del hígado. Aumentos de este metabolito generalmente se asocian con fugas del citoplasma de las células lesionadas o como resultado de una mayor síntesis de gamma glutamiltransferasa (Zeng *et al.*, 2014). Los niveles séricos similares de AST y ALP con el aumento de la inclusión de BED

son indicadores de que los niveles altos de BED no afectaron negativamente las funciones hepáticas.

Los índices bioquímicos en suero normalmente reflejan la condición de un animal, así como cambios en respuesta a factores internos y exógenos (Toghyani *et al.*, 2010). La enfermedad renal ocurre con mayor frecuencia en cuyes mayores de 12 meses, presentando signos clínicos como pérdida de peso, polidipsia, oliguria o poliuria y muerte inesperada; encontrándose valores elevados de creatinina y tamaño disminuido del riñón a la necropsia (Holowaychuk, 2006). En el presente estudio, los cuyes solo llegaron a una edad de 70 días y los niveles de creatinina

estuvieron ligeramente por encima del rango normal (53- 194 $\mu\text{mol/l}$) en aquellos que consumieron alimento con BED de 500 mEq/kg.

CONCLUSIONES

- El balance electrolítico dietario entre 100 y 500 mEq/kg en cuyes no generó signos clínicos de enfermedad o muerte, pero afectó los indicadores de crecimiento.
- El nivel de balance electrolítico de la dieta con 300 mEq/kg podría mejorar positivamente los indicadores de crecimiento del cuy sin afectar negativamente los indicadores relativos de la carcasa y la función hepática y renal.

LITERATURA CITADA

1. **Adedokun SA, Pescatore AJ, Ford MJ, Jacob JP, Helmbrecht A. 2017.** Examining the effect of dietary electrolyte balance, energy source, and length of feeding of nitrogen-free diets on ileal endogenous amino acid losses in broilers. *Poultry Sci* 96: 3351-3360. doi: 10.3382/ps/pex159
2. **Adedokun SA, Applegate TJ. 2014.** Dietary electrolyte balance influences ileal endogenous amino acid losses in broiler chickens. *Poultry Sci* 93: 935-942. doi: 10.3382/ps.2013-03661
3. **Antunes-Rodrigues J, De Castro M, Elias LLK, Valenca V, McCann SM. 2004.** Neuroendocrine control of body fluid metabolism. *Physiol Rev* 84: 169-208. doi: 10.1152/physrev.00017.2003
4. **Borges SA, Fischer da Silva AV, Majorka A, Hooge DM, Cummings KR. 2004.** Physiological responses of broiler chickens to heat stress and dietary electrolyte balance (sodium plus potassium minus chloride, milliequivalents per kilogram). *Poultry Sci* 83: 1551-1558. doi: 10.1093/ps/83.9.1551
5. **Borges SA, Fischer da Silva AV, Ariki J, Hooge DM, Cummings KR. 2003a.** Dietary electrolyte balance for broiler chickens under moderately high ambient temperatures and relative humidities. *Poultry Sci* 82: 301-308. doi: 10.1093/ps/82.2.301
6. **Borges SA, Fischer da Silva AV, Ariki J, Hooge DM, Cummings KR. 2003b.** Dietary electrolyte balance for broiler chickens exposed to thermoneutral or heat-stress environments. *Poultry Sci* 82: 428-435. doi: 10.1093/ps/82.3.428
7. **Burgos SA, Embertson NM, Zhao Y, Mitloehner FM, De Peters EJ, Fadel JG. 2010.** Prediction of ammonia emission from dairy cattle manure based on milk urea nitrogen: relation of milk urea nitrogen to ammonia emissions. *J Dairy Sci* 93: 2377-2386. doi: 10.3168/jds.2009-2415
8. **Caballero AJD, Clerici C. 2020.** Dieta alcalina y su relación con la salud y la enfermedad: una revisión sistemática. *Actualización en Nutrición* 21: 16-24.
9. **Chauca L. 1995.** Guinea pig (*Cavia porcellus*) production in the Andean countries. *World Anim Rev* 83: 9-19.
10. **Chauca L. 2018.** Manual de crianza de cuyes. Lima, Perú: Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA. 80 p.
11. **Chrystal P, Moss AF, Khoddami A, Naranjo VD, Selle PH, Liu SY. 2020.** Effects of reduced crude protein levels, dietary electrolyte balance, and energy density on the performance of broiler chickens offered maize-based diets with evaluations of starch, protein, and amino acid metabolism. *Poultry Sci* 99: 1421-1431. doi: 10.1016/j.psj.2019.10.060
12. **Church D, Pond W, Pond K. 2003.** Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. 2° ed. México DF: Limusa. 635 p.
13. **Deng Q, Shao Y, Wang O, Li J, Li Y, Ding X, Huang P, et al. 2020.** Effects and interaction of dietary electrolyte balance and citric acid on the intestinal function of weaned piglets. *J Anim Sci* 98: skaa106. doi: 10.1093/jas/skaa106

14. **Dersjant-Li Y, Verstegen MWA, Jansman A, Schulze H, Schrama JW, Verreth JA. 2002.** Changes in oxygen content and acid-base balance in arterial and portal blood in response to the dietary electrolyte balance in pigs during a 9-h period after a meal. *J Anim Sci* 80: 1233-1239. doi: 10.2527/2002.8051233x
15. **Elstgeest LE, Martens SE, Lopriore E, Walther FJ, te Pas AB. 2010.** Does parenteral nutrition influence electrolyte and fluid balance in preterm infants in the first days after birth? *Plos One* 5: e9033. doi: 10.1371/journal.pone.0009033
16. **Guzmán-Pino SA, Solà-Oriol D, Davin R, Manzanilla EG, Pérez JF. 2015.** Influence of dietary electrolyte balance on feed preference and growth performance of postweaned piglets. *J Anim Sci* 93: 2840-2848. doi: 10.2527/jas2014-8380
17. **Hew-Butler T, Hummel J, Rider B, Verbalis JG. 2014.** Characterization of the effects of the vasopressin V2 receptor on sweating, fluid balance, and performance during exercise. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 307: 366-375. doi: 10.1152/ajpregu.00120.2014
18. **Holowaychuk M. 2006.** Renal failure in a guinea pig (*Cavia porcellus*) following ingestion of oxalate containing plants. *Can Vet J* 47: 787-789.
19. **Hopkins E, Sharma S. 2019.** Physiology, acid base balance. In: *Stat Pearls* [Internet]. Treasure Island (FL): Available in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK507807/>
20. **Huchzermeyer F. 2012.** Broiler ascites: a review of the ascites work done at the poultry section of the Onderstepoort Veterinary Institute 1981-1990. *World Poultry Sci J* 68: 41-50. doi: 10.1017/S0043933912000050
21. **Kouakou NDV, Grongnet JF, Assidjo N, Thys E, Marnet PG, Catheline D, Legrand P, Kouba M. 2013.** Effect of a supplementation of *Euphorbia heterophylla* on nutritional meat quality of Guinea pig (*Cavia porcellus* L). *Meat Sci* 93: 821-826. doi: 10.1016/j.meatsci.2012.11.036
22. **Lázaro R, Mateos GG, La Torre M. 2002.** Nutrition and feeding of turkeys for fattening. In: XVIII Specialization Course FEDNA, Spain.
23. **Lucas JR, Balcázar-Nakamatsu S, Tirado O, Rodríguez A. 2017.** El pH de la carne de cobayo (*Cavia porcellus*) procedente del manejo deficiente del bienestar animal durante el sacrificio en la sierra central del Perú. *FAVE Sección Ciencias Veterinarias* 16: 70-73. doi: 10.14409/favecv.v16i2.6818.
24. **Mínguez C, Calvo A, Zeas V, Sánchez-Macías D. 2019.** A comparison of the growth performance, carcass traits, and behavior of guinea pigs reared in wire cages and floor pens for meat production. *Meat Sci* 152: 38-40. doi: 10.1016/j.meatsci.2019.02.012
25. **Mínguez C, Calvo A. 2018.** Effect of supplementation with fresh orange pulp (*Citrus sinensis*) on mortality, growth performance, slaughter traits and sensory characteristics in meat guinea pigs. *Meat Sci* 145: 51-54. doi: 10.1016/j.meatsci.2018.06.003
26. **Mustafa AF, Chavarri EC, Mantilla JG, Mantilla JO, Paredes, MA. 2019.** Effects of feeding flaxseed on performance, carcass trait, and meat fatty acid composition of guinea pigs (*Cavia porcellus*) under northern Peruvian condition. *Trop Anim Health Prod* 51: 2611-2617. doi: 10.1007/s11250-019-01977-0.
27. **Nakandakari L, Gutiérrez E, Chauca L, Valencia R. 2014.** Medición del pH intramuscular del cuy (*Cavia porcellus*) durante las primeras 24 horas post beneficio tradicional. *Salud Tecnol Vet* 2: 99-105.
28. **[NRC] National Research Council. 1995.** Nutrient requirements of laboratory animals. 4th rev. ed. Subcommittee on Laboratory Animal Nutrition. Washington (DC). [Internet]. Available in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK231927/>

29. [NRC] *National Research Council*. 2001. Nutrient Requirements of dairy cattle. 7th Rev. ed. Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition Committee on Animal Nutrition Board on Agriculture and Natural Resources. Washington DC, USA: NRC. 381 p.
30. **Pang B, Bowker B, Gamble G, Zhang J, Yang Y, Yu X, Sun JX, Zhuang H**. 2020. Muscle water properties in raw intact broiler breast fillets with the woody breast condition. *Poultry Sci* 99: 4626-4633. doi: 10.1016/j.psj.2020.05.031
31. **Paniagua L**. 2015. Hipernatremia: fisiopatología, diagnóstico y tratamiento. *Rev Med Costa Rica Centroam* 72: 815-817.
32. **Ravindran V, Cowieson AJ, Selle PH**. 2008. Influence of dietary electrolyte balance and microbial phytase on growth performance, nutrient utilization, and excreta quality of broiler chickens. *Poultry Sci* 87: 677-688. doi: 10.3382/ps.2007-00247
33. **Sánchez R, Jiménez R, Huamán H, Bustamante J, Huamán A**. 2013. Respuesta productiva y económica al uso de cuatro tipos de bebederos y a la adición de vitamina c en la crianza de cuyes en época seca en el valle del Mantaro. *Rev Inv Vet Perú* 24: 283-292.
34. **Sánchez-Macías D, Barba-Maggi L, Morales-de la Nuez A, Palmay-Paredes J**. 2018. Guinea pig for meat production: a systematic review of factors affecting the production, carcass and meat quality. *Meat Sci* 143: 165-176. doi: 10.1016/j.meatsci.2018.05.004
35. **Shlosberg, A**. 1998. Comparative effect of added chloride, ammonium chloride, or potassium bicarbonate in the drinking water of broilers, and feed restriction, on the development of the ascites syndrome. *Poultry Sci* 77: 1287-1296. doi: 10.1093/ps/77.9.1287
36. **Toghyani M, Gheisari A, Ghalamkari G, Mohammadrezaei M**. 2010. Growth performance, serum biochemistry and blood hematology of broiler chicks fed different levels of black seed (*Nigella sativa*) and peppermint (*Mentha piperita*). *Livest Sci* 129: 173-178. doi: 10.1016/j.livsci.2010.01.021
37. **Yamaguchi M, Steward MC, Smallbone K, Sohma Y, Yamamoto A, Ko SB, Kondo T, et al**. 2017. Bicarbonate-rich fluid secretion predicted by a computational model of guinea-pig pancreatic duct epithelium. *J Physiol* 15: 1947-1972. doi: 10.1113/JP273306
38. **Zeng QF, Yang GL, Liu GN, Wang JP, Bai SP, Ding XM, Luo YH, Zhang KY**. 2014. Effects of dietary gossypol concentration on growth performance, blood profiles, and hepatic histopathology in meat ducks. *Poultry Sci* 93: 2000-2009. doi: 10.3382/ps.2013-03841