



Autor:

E. Salvador<sup>1</sup>; G. Medina<sup>1</sup>; L. Medrano<sup>2</sup>; D. Chuquispuma<sup>3</sup>; B. Aguirre<sup>3</sup>; F. Cutiri<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Profesores del Departamento Académico de Producción Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia - UNICA

<sup>2</sup>Estudiante del V ciclo 2015 - I - FMVZ - UNICA

<sup>3</sup>Club IDI - C&N - FMVZ - UNICA

# EFECTO DE LA CAPACIDAD “BUFFER” DE LA DIETA SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO, PESO RELATIVO Y pH DE ORGANOS DE POLLITOS, BAJO DOS SISTEMAS DE pH DEL AGUA DE BEBIDA EN LA FASE PRE INICIAL

## I. Introducción

En la fase preinicial, especialmente en los primeros cuatro días posnacimiento del pollito BB, no solo es suficiente una fórmula “precisa” que satisfaga los nutrientes requeridos ni la gestión en su alimentación, el programa de alimentación en esta fase debe asegurar que otras características de la dieta y agua estén acorde a las exigencias fisiológicas del sistema gastrointestinal, para contribuir a una digestión y absorción efectiva; y por ende, maximizar la respuesta productiva en estos primeros días (nutrición neonatal) como base del rendimiento posterior. La mejora de las condiciones (tiempo de residencia, digesta física y condiciones químicas) en el tracto digestivo para optimizar la degradación de sustratos por las enzimas endógenas o exógenas, sería una parte fundamental de la optimización de la digestibilidad de la dieta (Angel y Sorbara, 2014). Para optimizar la digestibilidad de los nutrientes debemos entender el efecto de las características de la dieta (Svihus *et al.*, 2011). La modificación del pH intestinal en los diferentes segmentos del Sistema Gastro Intestinal (SGI) a través del uso de ácidos (Rynsburger, 2009; Quansah *et al.*, 2010), puede ayudar potencialmente a mejorar la digestibilidad de los nutrientes a través de proporcionar un ambiente químico que está más cerca a lo que optimiza la actividad de las enzimas endógenas y exógenas.

El pH en los diferentes segmentos del SGI generalmente es ácido. Angel *et al.* (2010) evaluaron pollitos a los cinco días de edad, encontrando que el pH del buche, molleja, proventrículo, duodeno, yeyuno e íleon fue de 5.32, 2.37, 2.14, 5.99, 6.07, y 7.12, respectivamente; con una desviación estándar de 0.54, 0.92, 0.24, 0.28, 0.14, 0.12, indicando una alta variabilidad entre aves. Después de cinco días de edad, el pH disminuyó ( $P < 0.05$ ) principalmente en el proventrículo y la molleja (pH a los 14 días de edad fue de 1.15 y 1.90 en el proventrículo y la molleja, respectivamente). Mantener la naturaleza o estabilidad de esos valores es un tema de interés y complejo a la vez. Si tanto el

agua y alimento tienen un pH por encima de esos niveles, perjudicaría la estabilidad de dichos valores trayendo como consecuencia baja eficiencia en los mecanismos digestivos y de absorción, y con ello reducción en los índices productivos. Por eso, una buena calidad del agua, específicamente un pH adecuado es clave, ya que entre otras funciones implica una adecuada digestión y mantiene una flora y un SGI saludable, lo que permite una mejor absorción de los nutrientes. La salud del pollo y el tipo de nutrientes consumidos afecta el nivel de pH en el sistema digestivo del pollo (Rahmani *et al.*, 2005).

La capacidad de ligar ácidos (ABC<sub>3</sub>) de un alimento es definido como los ml o mmol de secreción de HCl necesarios para reducir el pH a pH = 3 en el estómago, después del consumo de alimento (Levic *et al.*, 2005). Es conocido también como la capacidad “buffer” de un alimento (ABC), que es la cantidad de ácido requerido para reducir el pH de un alimento a un nivel especial (Rynsburger, 2009). Se utiliza para describir la resistencia de una dieta a la reducción del pH por el HCl gástrico (Karvelis, 2014). Diferentes ingredientes y nutrientes utilizados en la alimentación animal incrementan la ABC del alimento. Alimentos con una alta ABC causan alta mortalidad, comparado a los alimentos con baja ABC (Levic *et al.*, 2005).

En este contexto y conociendo que el nivel de pH en las partes particulares del TGI influye sobre el crecimiento y estabilidad microbiana, así como afecta la digestibilidad y absorción de nutrientes, se realizó un estudio preliminar con el objetivo de evaluar el efecto de la ABC de la dieta sobre el comportamiento productivo, peso relativo intestinal y órganos, bajo dos sistemas de pH del agua de bebida, en la fase preinicial de pollitos de cero a siete días de edad.

## II. Materiales y método

El estudio se llevó a cabo en la Unidad Experimental en Nutrición Avícola del Laboratorio de Nutrición R & D de la Facultad de Medicina

## Se conoce que durante los primeros días de edad la producción de HCl en el proventrículo no es suficiente para contrarrestar los efectos del pH del agua de bebida (Angel *et al.*, 2013).

Veterinaria y Zootecnia de la UNICA, ubicado en la provincia de Chíncha (Ica - Perú), durante los meses de abril y mayo del 2015.

Se utilizaron 256 pollitos BB de sexo macho de un día de edad de la línea genética Cobb 500. Fueron distribuidos bajo un diseño completo al azar con arreglo factorial 4 x 2 (4 niveles de ABC de la dieta x 2 niveles de pH en el agua de bebida, como efectos principales), con cuatro repeticiones por combinación, totalizando 32 unidades experimentales con ocho pollitos uniformes en peso, tamaño y condición de salud en cada unidad.

Los cuatro niveles de ABC fueron 462.23, 497.83, 535.29 y 550.79 mEq/Kg de dieta, y los dos niveles de pH del agua de bebida fueron 8.07 y 6.80. Se utilizó el vinagre de uva (ácido acético) para reducir el pH del agua, lo cual fue medido con un potenciómetro. La formulación de las cuatro dietas utilizadas se realizó con el programa FEEDSOFT PROFESSIONAL (Tabla 1). Se evaluaron las características de peso vivo, consumo de alimento, índice de conversión alimenticia, peso relativo del duodeno, yeyuno, íleon, ciegos, molleja e hígado, el pH del proventrículo, molleja e intestino, mortalidad, presencia de cojeras y cloacas sucias.

Los datos fueron analizados estadísticamente utilizando el procedimiento GLM de SAS (2003). Las diferencias entre grupos fueron determinadas por la prueba de rango múltiple de Duncan. Las afirmaciones de la significancia estadística se basaron en  $P < 0.01$ . El modelo matemático utilizado para analizar datos fue:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Donde  $Y_{ij}$  = observación individual,  $\mu$  = promedio general,  $\alpha_i$  = efecto de la ABC3 de la dieta,  $\beta_j$  = efecto del pH del agua de bebida,  $(\alpha\beta)_{ij}$  = efecto de interacción entre los dos factores,  $\varepsilon_{ij}$  = componente error.

### III. Resultados y discusión

En la Tabla 2 se presentan los resultados de los índices productivos evaluados. La ABC de las dietas y el pH del agua de bebida afectaron significativamente las principales características del comportamiento productivo. El grupo de pollitos que fueron alimentados con la dieta que contenía 550.79 mEq de ABC/Kg, logró el más alto ( $P < 0.01$ ) peso vivo ( $183.84 \pm 4.89$  g), el mayor ( $P < 0.1$ ) consumo de alimento ( $165.96$

Tabla 1. Fórmulas de las dietas utilizadas

INGREDIENTES	T-1 (%)	T-2 (%)	T-3 (%)	T-4 (%)
Maíz molido	55.96	55.96	55.96	55.89
Harina de soya	22.97	29.00	29.00	29.00
Harina de pescado	4.70	2.00	2.00	2.00
Aceite de soya	3.50	3.70	3.70	3.70
Soya integral	3.50	5.00	5.00	5.00
SP de trigo	0.23	0.18	0.00	0.00
Levadura de cervecería	5.00	0.00	0.00	0.00
Bicarbonato de sodio	0.00	0.00	0.32	0.45
Carbonato de calcio	1.15	1.26	1.26	1.26
Fosfato di cálcico	1.05	1.34	1.34	1.34
Sal común	0.40	0.40	0.26	0.20
PREMIX*	1.54	1.16	1.16	1.16
TOTAL (%)	100.00	100.00	100.00	100.00
APORTES NUTRICIONALES				
EM (Mcal/Kg)	3.10	3.10	3.10	3.10
Proteína (%)	21.77	21.84	21.82	21.81
Calcio (%)	0.90	0.90	0.90	0.90
Fósforo (%)	0.45	0.45	0.45	0.45
Na (%)	0.20	0.18	0.22	0.23
Cl (%)	0.36	0.35	0.27	0.23
Lisina dig. (%)	1.18	1.18	1.18	1.18
Met+cis dig. (%)	0.89	0.88	0.88	0.88
Treonina dig. (%)	0.77	0.77	0.77	0.77
Triptófano dig. (%)	0.22	0.23	0.23	0.23
BED (mEq/Kg)	196.10	198.72	235.32	250.35
ABC (mEq/Kg)	462.23	497.84	535.23	550.79
pH	5.11	5.31	5.75	5.85

\* = contiene coccidiostato, ácido natural, L-Treonina, DL-Metionina, L-Lisina, Cloruro de colina al 60%, promotor de crecimiento, minerales + vitaminas, pronutrientes, de acuerdo a requerimiento. BED = Balance Electrolítico Dietario; ABC = Capacidad de ligar ácido o capacidad buffer de la dieta.

$\pm 4.16$  g) y la mejor ( $P < 0.01$ ) conversión alimenticia ( $0.89 \pm 0.034$ ). Este mejor nivel -poco estudiado aún- estaría relacionado a mecanismos fisiológicos que permitieron un mejor consumo y eficiente utilización del alimento. En las prácticas de formulación moderna se debe monitorear la ABC de la dieta a niveles óptimos menores a 650 mEq/Kg (Karvelis, 2014). Estudios como el de

Nohammadpour *et al.* (2014) encontraron una mejor respuesta en densidad ósea con el nivel de 650 mEq/Kg de ABC en la dieta en pollos de engorde de 21 a 41 días de edad, al comparar con valores más altos de 800 y 950 mEq/Kg. En nuestro estudio la mejor respuesta se obtuvo con el nivel de la ABC de 550.79 mEq/Kg, valor que está dentro de los adecuados. La literatura reporta que valores altos de ABC en la dieta

## Siendo este estudio preliminar, los resultados dejan una iniciativa abierta a seguir investigando para poder explicar acertadamente el efecto benéfico encontrado.

es de alto riesgo para animales jóvenes que tienen limitada capacidad para secretar ácido gástrico, por lo que el pH gástrico aumenta, perjudicando la actividad enzimática de la digestión proteica (Giannenas *et al.*, 2014). Los niveles de sodio, potasio y cloro en la dieta son de especial interés. En este estudio, el nivel de Cl fue alto en dietas bajas en ABC y fue disminuyendo a medida que aumentaba ésta, lo cual también pudo contribuir a una mejor respuesta acorde con Mushtaq *et al.* (2013), quienes recomiendan una combinación de electrolitos con altos niveles de cationes y bajo nivel de aniones. Tanto el BED (250.35 mEq/Kg) y pH (5.85) de esta dieta fueron diferentes y más altos que las otras, y podrían haber influido parcialmente como lo señalan Leeson *et al.* (1995); Ahmad y Sarwar, 2006, al considerar que un BED alrededor de 250 mEq/Kg responde mejor en término de óptimo desempeño. Sin embargo, se requiere de estudios adicionales para confirmar esta explicación.

Por otro lado, el grupo de aves que recibieron el agua de bebida con un pH reducido (6.80), lograron mayor (<0.01) peso vivo que las aves que bebieron el agua con pH alto (8.07). No se encontró interacción significativa ( $P > 0.05$ ) entre los dos factores evaluados. Esta mejor respuesta se debería a que el pH del agua de bebida en la primera semana de vida del pollito es clave para dar estabilidad del pH fluctuante pero generalmente ácido a nivel de buche, proventrículo, molleja e intestino, permitiendo la optimización del peso relativo de órganos, de la actividad enzimática y la digestión del alimento. Las enzimas tienen un pH óptimo y un rango en el que mantienen un cierto nivel de eficacia. En este contexto, la efectividad de las enzimas endógenas es más alta a pH estabilizados, por el agua de bebida, en cada uno de los segmentos del SGI señalados.

Más aún, se conoce que durante los primeros días de edad la producción de HCl en el proventrículo no es suficiente para contrarrestar los efectos del pH del agua de bebida (Angel *et al.*, 2013). Adicionalmente, esta disminución de pH podría modular diversos procesos fisiológicos, reducción de bacterias patógenas, promover bacterias benéficas y como consecuencia una mejor respuesta productiva. Pesti *et al.* (2004) reportan que el agua de bebida acidificada incrementa el peso corporal en comparación al agua de bebida normal. Este resultado está en la línea del estudio de Angel *et al.* (2013), que evaluaron el impacto de dos

niveles de pH del agua (5.8 y 8.1) y edad sobre el pH del segmento intestinal y digestibilidad de nutrientes, encontrando que el pH del buche, proventrículo, molleja, duodeno, yeyuno, íleon y ciegos fue de 6.0, 1.9, 2.9, 5.8, 6.4, 6.6 y 6.7 -respectivamente- cuando recibieron agua de bebida con un pH de 5.8. Mientras que el pH de los segmentos aumentó cuando recibieron agua de bebida de pH 8.1 que fue de 7.6, 4.1, 5.6, 6.0, 6.6, 7.1 y 7.3 a los ocho días de edad, y la digestibilidad ileal aparente de la materia seca fue de 85.10% (pH = 5.8) y de 73.90% (pH = 8.1), lo que implica una mejor respuesta productiva al utilizar agua de bebida con pH reducido (5.8). Del mismo modo, Khan *et al.* (2013) reportan el efecto significativo del pH del agua de bebida sobre la respuesta del ave, al



Pesado de los pollitos al inicio del experimento

Tabla 2: Efecto de la capacidad buffer (ABC) de la dieta sobre el comportamiento productivo, bajo dos sistemas de pH del agua de bebida, en la fase preinicial

ÍTEM	mEq/Kg	PRINCIPALES ÍNDICES PRODUCTIVOS			
		PESO INICIAL (g/ave; ± DE)	PESO FINAL (g/ave; ± DE)	CONSUMO (g/ave; ± DE)	CONVERSIÓN (g/g; ± DE)
<b>Tratamientos</b>					
pH 8.07 ABC	462.23	44.87 ± 0.17	177.06 ± 6.03 <sup>ab</sup>	161.46 ± 2.47	0.907 ± 0.03 <sup>b</sup>
	497.83	44.34 ± 1.35	164.95 ± 6.32 <sup>b</sup>	158.81 ± 5.43	0.957 ± 0.02 <sup>b</sup>
	535.29	45.53 ± 1.37	133.65 ± 9.76 <sup>c</sup>	158.69 ± 4.78	1.190 ± 0.10 <sup>a</sup>
	550.79	44.37 ± 1.27	181.62 ± 3.54 <sup>a</sup>	165.07 ± 5.30	0.905 ± 0.04 <sup>b</sup>
pH 6.80 ABC	462.23	45.46 ± 0.37	178.06 ± 5.20 <sup>ab</sup>	163.38 ± 7.23	0.915 ± 0.05 <sup>b</sup>
	497.83	45.25 ± 1.56	174.34 ± 3.64 <sup>ab</sup>	162.00 ± 3.14	0.922 ± 0.02 <sup>b</sup>
	535.29	44.65 ± 0.32	144.39 ± 3.59 <sup>c</sup>	164.30 ± 1.74	1.135 ± 0.03 <sup>a</sup>
	550.79	44.40 ± 1.09	186.06 ± 5.50 <sup>a</sup>	166.86 ± 3.19	0.892 ± 0.01 <sup>b</sup>
<b>Efectos principales</b>					
pH del agua	8.07	44.78	163.34 <sup>b</sup>	161.00	0.99
	6.80	44.94	170.71 <sup>a</sup>	164.14	0.96
ABC dieta (mEq/Kg)	462.23	45.17 ± 0.41	177.35 ± 5.62 <sup>b</sup>	162.42 ± 5.11 <sup>ab</sup>	0.91 ± 0.043 <sup>b</sup>
	497.83	44.79 ± 1.43	169.65 ± 6.92 <sup>c</sup>	160.40 ± 4.45 <sup>b</sup>	0.94 ± 0.030 <sup>b</sup>
	535.29	45.09 ± 1.03	139.024 ± 8.91 <sup>d</sup>	161.49 ± 4.48 <sup>ab</sup>	1.16 ± 0.076 <sup>a</sup>
	550.79	44.39 ± 1.10	183.84 ± 4.89 <sup>a</sup>	165.96 ± 4.16 <sup>a</sup>	0.89 ± 0.034 <sup>b</sup>
<b>ANOVA (p-value)</b>					
Tratamientos		0.5578	<.0001	0.1653	<.0001
pH del agua		0.6701	0.0020	0.0609	0.1910
ABC dieta		0.4719	<.0001	0.1041	<.0001
pH x ABC		0.3862	0.8300	0.8180	0.6273

<sup>a-d</sup> promedios en una columna que no tienen letras como superíndice comunes difieren significativamente ( $P < 0.05$ ); DE = desviación estándar;  $p > 0.1$  = no significativo;  $p \leq 0.05$  = significativo.

## Una buena calidad del agua, específicamente un pH adecuado es clave, pues entre otras funciones implica una adecuada digestión y mantiene una flora y un SGI saludable, lo que permite una mejor absorción de los nutrientes.

utilizar agua de bebida con un pH de 7.5 logró la mejor respuesta productiva y económica que un pH de 8.2 en pollos desde siete a 36 días de edad.

En el estudio también se encontró que la ABC de la dieta no afectó significativamente ( $P>0.05$ ) el peso relativo (g/100g de peso corporal) del duodeno, yeyuno, ciegos e hígado; pero sí afectó significativamente ( $P<0.01$ ) el peso relativo de la molleja, aumentando conforme la ABC de la dieta aumentaba. El pH del agua de bebida afectó significativamente ( $P<0.01$ ) el peso relativo del duodeno, yeyuno, íleon, ciegos y molleja, donde el mayor peso relativo se obtuvo con el pH 6.80 del agua de bebida. No se encontró interacción significativa ( $P>0.05$ ) entre los dos factores evaluados.

Adicionalmente, se observaron otras características de interés. Así, con el pH del agua de bebida de 8.07 se obtuvo 1.56% de mortalidad, 3.12% de cojeras y 11.78% de cloaca sucia en los pollitos, comparado al grupo que recibieron el agua de bebida con pH de 6.8, donde no se presentaron estos problemas.

En este estudio preliminar los resultados dejan una línea abierta a seguir investigando y explicar acertadamente el efecto benéfico encontrado.

### IV. Conclusión

Bajo las condiciones del estudio preliminar, se concluye que la dieta con 550.79 mEq/Kg de ABC y un pH del agua de bebida de 6.80, optimiza la respuesta fisiológica y productiva, y podría ser una eficiente estrategia a utilizar en la fase preinicial de cero a siete días en pollitos de engorde.

### V. Recomendación

Dada la importancia de la nutrición neonatal y su impacto sobre el comportamiento productivo final, en base a este estudio preliminar, se debe continuar con pruebas experimentales en esta fase y precisar algunos aspectos como pH de la dieta. Además de otros niveles de pH de agua de bebida para determinar el pH óptimo del agua de bebida y principalmente, dado que en este estudio se utilizaron fórmulas con propósitos experimentales, en las pruebas sucesivas deberá aproximarse a las formulaciones de las dietas prácticas comerciales para que sean validadas en base a las condiciones de la granja específica.

### VI. Referencias bibliográficas

Ahmad, M.M. and Sarwar, M. 2006. Dietary electrolyte balance: implications in heat stressed broilers. *World's Poultry Science Journal* 62: 638-653.

Angel, R.; Humphrey, B.; Saylor, W. 2010. Age changes in gastrointestinal pH in broilers. *Annual Meeting Abstracts. Poultry Sci.* 89 (E-Suppl. 1):650.

Angel, R., Kim, S.W.; Li, W.; Jiménez-Moreno, E. 2013. Passage rate and intestinal pH in poultry: Implications for enzymes use and digestion. *FEDNA*. [http://fundacionfedna.org/sites/default/files/13CAP\\_VIIItrad.pdf](http://fundacionfedna.org/sites/default/files/13CAP_VIIItrad.pdf).

Angel, R. y Sorbara, J.O.B. 2014. Why is it important to understand substrates if we are to optimize exogenous enzyme efficacy?. *Poultry Science* 93 :1-5 <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2013-03869>

Giannenas, I.A.; Papaneophytou, C.P.; Tsalie, E.; Triantafillou, E.; Tontis, D.; Kontopides, G.A. 2014. The effects of benzoic acid and essential oil compounds in combination with protease on the performance of chickens. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 23;73-81.

Karvelis, G. Controlling dietary buffering capacity in piglet feeds. En: <http://www.wattagnet.com/articles/20464-controlling-dietary-buffering-capacity-in-piglet-feeds>

Khan, A.A.; Banday, M.T.; Shahnaz, S.; Tanveer, S. 2013. Moderately lower pH of drinking water proves beneficial to poultry. *Journal of Poultry Science and Technology* | October-December, 2013 | Vol 1 | Issue 1 | Pages 17-19.

Leeson, S.; Diaz, G. Summers, J.D. 1995. *Poultry Metabolic Disorders and mycotoxins*. Published by University Books, Guelph, Ontario, Canada. 342 p.

Levic, J.; Prodanovic, O.; Sredanovic, S. 2005. Understanding the buffering capacity in feedstuffs. *Biotechnology in Animal Husbandry* 21(5-6), p309-313.

Mohammadpour, A.A.; Kermanshahi, H.; Golian, A.; Gholizadeh, M.; Gilani, A. 2014. Evaluation of varying levels of acid-binding capacity of diets formulated with various acidifiers on physical and histological characteristics of leg

bones in broiler chickens. *Comp Clin Pathol* (2014) 23:1409-1420.

Mushtaq, M.M.H.; Pasha, T.N.; Mushtaq, T.; Parvin, R. 2013. Electrolytes, dietary electrolyte balance and salts in broilers: an updated review on growth performance, water intake and litter quality. *World's Poultry Science Journal / Volume 69 / Issue 04 / December*, pp 789-802.

Pesti, G. M., R. I. Bakalli, P. F. Vendrell and H.-Y. Chen. 2004. Effects of organic acid on control of bacteria growth in drinking water for broilers. *Poultry Sci.* 83(Suppl. 1):M303.

Quansah, E.; Angel, R.; Siewerdt, F.; Saylor, W. 2010. Phytase efficacy in broiler chickens when crop digesta pH is altered with fumaric acid. *Int. Poultry Sci. Forum, Abstracts*, 6.

Rahmani, H.R.; Speer, W.; Modirsanei, M. 2005. The effect of intestinal pH on broiler performance and immunity. *Int. J. Poultry Sci.*, 4:713-717.

Rynsburger, J. M. 2009. Physiological and nutritional factors affecting in broiler chickens. Master Thesis. University of Saskatchewan. Accessed Nov. 30, 2013. <http://ecommons.usask.ca/bitstream/handle/10388/etd09182009184057/JMRMScThesis.pdf>

Svihus, B. 2011. The gizzard: Function, influence of diet structure and effect on nutrient availability. *World's Poultry Sci. J.* 67:207-223.



Potenciómetro para medición del pH del agua de bebida