

**Efecto de la temperatura de
acondicionamiento antes del pelletizado, sobre
el comportamiento productivo y el
rendimiento de pollos Ross 708[®]**

Martha Sabine Rueda Lastres

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2018

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Efecto de la temperatura de
acondicionamiento antes del pelletizado, sobre
el comportamiento productivo y el
rendimiento de pollos Ross 708[®]**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniera Agrónoma en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Martha Sabine Rueda Lastres

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2018

Efecto de la temperatura de acondicionamiento antes del pelletizado, sobre el comportamiento productivo y rendimiento de pollos Ross 708®

Martha Sabine Rueda Lastres

Resumen. El método de pelletizar involucra el acondicionamiento del concentrado con vapor, para mejorar la tasa de producción, calidad de pellet, eliminación de patógenos, incremento de la gelatinización del almidón y reducción de finos. Sin embargo, la temperatura de acondicionamiento varía entre plantas de concentrados. Por tales motivos, el estudio consistió en la evaluación de diferentes temperaturas en el acondicionamiento del concentrado, y su efecto en el comportamiento productivo y rendimiento de pollos de engorde a los 49 días de edad. El estudio se realizó en la granja avícola experimental de la Universidad de Auburn, en Alabama, Estados Unidos. Se utilizaron 1120 pollos machos de engorde Ross 708®. Se utilizaron cuatro tratamientos consistiendo en cuatro diferentes temperaturas de acondicionamiento (71, 77, 82 y 88 °C) y 10 repeticiones en un diseño de bloques completos al azar. Se ofrecieron agua y alimento *ad libitum*. Las dietas experimentales tuvieron el mismo contenido nutricional e ingredientes en las etapas de inicio (0 - 14 días), crecimiento (14 - 28 días) y final (28 - 49 días), siendo la única diferencia la temperatura de acondicionamiento. El índice de durabilidad de pellet fue de 86 a 98%, el porcentaje de finos de 3 a 12% y el porcentaje humedad de 10 a 13%. No se encontró diferencia significativa en las variables de peso corporal, consumo de alimento, ganancia de peso, índice de conversión alimenticia y rendimiento de las partes de la canal. En el periodo final (28 - 49 días), en el tratamiento de 88 °C se vio reducida la mortalidad ($P \leq 0.05$).

Palabras clave: Acondicionado, calidad de pellet, mortalidad.

Abstract. The conventional method of pelleting involves the conditioning of mash with steam, to improve the production rate, pellet quality, elimination of pathogens, increase starch gelatinization and reduction in percentage of fines. However, conditioning temperatures vary among feed mills. For these reasons, the study consisted of the evaluation of different conditioning temperatures, and its effect on performance and processing of broilers to 49 days of age. The study was conducted in the experimental poultry farm of Auburn University, Alabama, United States. 1120 Ross 708® chicken males were evaluated. Four treatments were used consisting of four different conditioning temperatures (71, 77, 82 y 88 °C) and 10 replications were used in a complete randomized block design. Water and feed were offered *ad libitum*. The experimental diets had the same nutritional and ingredient content at the stages of starter (0 - 14 days), grower (14 - 28 days) and finisher (28 - 49 days), being the conditioning temperature the only difference. Pellet durability index ranged from 86 to 98%, the fines percentage was from 3 to 12% and moisture ranged from 10 to 13%. No significant difference was found for feed intake (FI), body weight (BW), body weight gain (BWG), feed conversion ratio (FCR) and processing yields. During the finisher period (28 - 49 days), the highest temperature treatment (88°C) had the lowest mortality ($P \leq 0.05$).

Key words: Conditioning, mortality, pellet quality.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros y Anexo.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	7
4. CONCLUSIONES.....	14
5. RECOMENDACIONES.....	15
6. LITERATURA CITADA.....	16
7. ANEXO.....	20

ÍNDICE DE CUADROS Y ANEXO

Cuadros	Página
1. Composición de ingredientes de las dietas de Inicio, Crecimiento y Final, para pollos de engorde.....	4
2. Programa de control de temperatura interna dentro del galpón de los pollos de engorde.....	5
3. Efecto de la temperatura de acondicionamiento antes del proceso de pelletizado sobre la calidad del pellet en dietas de Crecimiento y Final de pollos de engorde.....	7
4. Efecto de diferentes temperaturas de acondicionamiento antes del proceso de pelletizado en el consumo de alimento (g/ave).....	8
5. Efecto de diferentes temperaturas de acondicionamiento antes del proceso de pelletizado sobre el peso corporal de los pollos (g/ave).....	9
6. Efecto de diferentes temperaturas de acondicionamiento antes del proceso de pelletizado sobre la ganancia de peso (g/ave).....	10
7. Efecto de diferentes temperaturas de acondicionamiento antes del proceso de pelletizado sobre el índice de conversión alimenticia.....	11
8. Efecto de diferentes temperaturas de acondicionamiento antes del proceso de pelletizado sobre el rendimiento de las partes más utilizadas del ave (g/ave).....	12
9. Incidencia de mortalidad en pollos de engorde según los tratamientos aplicados.....	13
Anexo	Página
1. Recomendaciones del Consejo Nacional del Pollo (2010) para densidades de pollo, aplicadas en Estados Unidos.....	20

1. INTRODUCCIÓN

Los pollos de engorde son normalmente alimentados con dietas pelletizadas para mejoras en crecimiento y conversión alimenticia (Behnke 1996). La calidad del pellet es influenciada por los siguientes factores: formulación de la dieta, tamaño de partícula, temperatura de acondicionamiento, especificaciones de dados y enfriamiento y secado (Reimer 1992).

El proceso de pelletizado es un método ampliamente aceptado para la aglomeración de piensos destinados a la alimentación animal. El método convencional de pelletizar involucra el acondicionamiento con vapor del alimento en harina, para mejorar la tasa de producción, eficiencia energética y calidad de pellet (Stevens 1987). La importancia del acondicionamiento con vapor se cuantificó por Skoch *et al.* (1981) en un experimento comparando pelletizado en seco, con pelletizado usando acondicionamiento con vapor. Los resultados de este estudio indicaron que el acondicionamiento con vapor mejoró las tasas de producción y la durabilidad de los pellets y disminuyó la cantidad de finos generados y el consumo de energía eléctrica durante el proceso de pelletizado. Concluyeron que el vapor actúa como lubricante lo cual ayuda a reducir la fricción y el desgaste de la maquinaria durante el pelletizado, aumentando la tasa de producción (Arbelaez 2001).

El vapor saturado usado durante el acondicionamiento aumenta la humedad y el calor de la harina, formando una masa. De esta forma los gránulos de almidón se dispersan y degradan creando un polímero, que funciona como adherente para atrapar otras partículas, favoreciendo así la aglutinación del alimento y la gelatinización del almidón (Guy 2001). El calor térmico durante el acondicionamiento del alimento pelletizado puede repercutir en el aumento de la digestibilidad de las proteínas mediante la desnaturalización y la inactivación de enzimas inhibitoras, con lo cual se pueden exponer nuevas áreas para el ataque de enzimas digestivas lo que ayuda a mejorar la digestibilidad del alimento (Arbelaez 2001).

El calor al que es expuesto el alimento durante el acondicionamiento genera algunos beneficios como ser: eliminación de patógenos y otros microorganismos que afectan la calidad, esto aunado a promover el secado de pellets en el enfriador (Reimer y Beggs 1993). Debido a sus propiedades termodinámicas que permiten la transferencia de calor y humedad el acondicionamiento con vapor se ha presentado como uno de los factores más importantes en el pelletizado (Behnke 1996). La adición de humedad usando vapor mejora la calidad del pellet reduciendo la proporción de finos y aumentando la durabilidad del mismo (Skoch *et al.* 1981).

Otro factor que determina la calidad del alimento pelletizado es el porcentaje de finos, obteniendo valores más bajos cuando se utilizan temperaturas más altas durante el proceso

de acondicionado con vapor. Al aumentar la tasa de producción de la pelletizadora, dotándola de más vapor se reduce el porcentaje de finos debido a que el material está seco con un porcentaje de humedad alrededor de 13% dependiendo de la composición de la dieta, pero al añadir vapor a los ingredientes, éstos se vuelven suaves y flexibles, lo que facilita la adhesión y formación de puentes sólidos entre estos (California Pellet Mill 2015).

Es importante considerar la cantidad de vapor, el contenido de humedad y tiempo de retención dentro del acondicionador, esto debido a que durante el acondicionado se ablandan las partículas lo que ayuda a reducir la fricción entre la harina y las paredes del dado (Skoch *et al.* 1981).

En general, los fabricantes de alimentos no han optimizado el proceso de acondicionamiento pero intentan solucionar problemas de calidad de pellets usando un dado más grueso. Si bien esto a menudo resulta en la mejora de la calidad, también se puede observar una reducción en la tasa de producción (Behnke 1996). Las variables de procesamiento fácilmente manipulables son la presión de vapor y la temperatura de acondicionado; las presiones y temperaturas utilizadas para el acondicionado de vapor, varía entre fabricantes de piensos. Los valores más utilizados en la industria para el rango de temperatura de acondicionamiento pueden fluctuar de 76.7 a 93.3°C. (Hott *et al.* 2008).

Mientras el tratamiento térmico mejora la digestibilidad de los nutrientes, temperaturas muy altas durante el acondicionado pueden resultar en la reacción de Maillard entre el grupo aldehído de los azúcares reductores y los amino ácidos lo cual puede deteriorar significativamente la disponibilidad de estos nutrientes (Lundblad *et al.* 2011; Amezcua y Parsons 2007; Newkirk *et al.* 2003). La extensión de la reacción de Maillard reduce la digestibilidad de los amino ácidos termolábiles como la lisina, arginina y treonina (Newkirk *et al.* 2003).

La temperatura de acondicionamiento puede influenciar el valor nutritivo del alimento y la integridad estructural de los pellets que se producen.

- El objetivo del estudio fue la evaluación del efecto de diferentes temperaturas, en el acondicionado previo al pelletizado, sobre el comportamiento productivo y rendimiento de pollos de engorde Ross 708® a los 49 días de edad.

Evaluar el efecto de la temperatura de acondicionamiento previo al pelletizado, sobre el índice de durabilidad de pellet, porcentaje de finos y contenido de humedad del alimento.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación.

El experimento se realizó del 13 de febrero al 03 de abril de 2018, en la granja avícola experimental del Departamento de Ciencia Avícola de la Universidad de Auburn, en el estado de Alabama, Estados Unidos. La temperatura media anual de esta localidad es de 16.8 °C, cuenta con una precipitación anual de 1432 mm y una altitud de 224 msnm.

Aves.

Se utilizaron 1120 pollos machos de engorde Ross 708® de un día de edad. La distribución fue de 28 aves/corral hasta el día 28 y partir de este día la población en el corral bajó a 24 aves/corral hasta el día 49. Siendo estas densidades aceptadas con respecto al límite establecido por Aviagen (2014).

Tratamientos y Análisis Estadístico.

Se utilizaron cuatro tratamientos que consistieron en cuatro temperaturas de acondicionamiento: 72, 77, 82 y 88 °C, contando con 10 repeticiones/tratamiento. Cada repetición consistió en un corral de 28 pollos. Los cuatro tratamientos fueron distribuidos en un diseño de bloques completamente al azar, y la selección de aves fue al azar para cada tratamiento.

Los resultados obtenidos fueron evaluados usando un Análisis de Varianza (ANDEVA) con un nivel de significancia de $P \leq 0.05$. Se utilizó el método de comparaciones múltiples de medias de Tukey, usando el programa estadístico de Statistical Analysis System (SAS® versión 9.4).

En el caso de los indicadores de la canal se utilizaron 10 pollos/corral, siendo cada pollo una repetición de cada tratamiento, teniendo como resultado 100 repeticiones/tratamiento.

En el análisis físico de los alimentos se utilizaron cinco repeticiones/tratamiento, siendo cada muestra de concentrado una repetición.

Los valores de mortalidad en porcentaje se transformaron según arco seno para cumplir con el principio de normalidad.

Dietas.

Las dietas experimentales se formularon para imitar las comúnmente usadas en la industria. Las dietas experimentales tuvieron el mismo contenido nutricional y usaron los mismos ingredientes en los cuatro tratamientos, como se muestra en el Cuadro 1, siendo la única diferencia la temperatura aplicada durante el acondicionado. Ésta diferencia en la temperatura durante el acondicionado se dio únicamente en las dietas de crecimiento y final, debido a complicaciones entre la formulación de la dieta y el proceso térmico aplicado. Se fabricaron dietas de Inicio (1-14 días), Crecimiento (14-28 días) y Final (28-49 días) en el “Centro de Nutrición Animal y Avícola de la Universidad de Auburn”.

Cuadro 1. Composición de ingredientes de las dietas de Inicio, Crecimiento y Final, para pollos de engorde.

Ingredientes	Etapas		
	Inicio (kg)	Crecimiento (kg)	Final (kg)
Maíz 7.4%	555.45	584.55	636.82
Harina de Soya 46.9%	208.64	185.91	152.27
PFG Harina de Ave	68.18	48.18	35.91
DDGS 27.16%	45.45	45.45	45.45
Grasa Avícola	4.09	13.64	13.64
Fosfato Dicálcico	7.73	8.64	8.18
Carbonato de Calcio	8.00	7.91	7.68
Dióxido de Titanio	0.00	4.55	0.00
Sal común 96+%	2.27	2.45	2.59
DL-Metionina	2.73	2.30	1.86
L-Lisina HCl	1.89	1.91	1.93
Bicarbonato de Na	0.93	1.00	1.02
Cloruro de Colina 60%	0.95	0.82	0.36
Threonina 98%	0.75	0.67	0.72
Premezcla Mineral	0.68	0.57	0.34
Coccidiostato (Zoamix) ***	0.45	0.45	0.00
Premezcla de Vitaminas	0.45	0.36	0.23

PFG = Pet Food Grade (Grado de Alimento para Mascotas)

DDGS = Distillers Dried Grains with Solubles (Granos Secos de Destilería con Solubles)

*** Producto medicado de zoetis para prevenir y brindar inmunidad contra la coccidiosis.

Se recolectaron muestras de pellets durante la fabricación, para evaluar el efecto de los tratamientos en el índice de durabilidad de pellet, porcentaje de finos y el porcentaje de humedad en el alimento.

Instalaciones y Manejo Agronómico.

El galpón contó con 40 corrales experimentales, con dimensiones de 1.5 m × 2 m (3 m²), el estudio duró 49 días. Las aves tuvieron una programación lumínica que inició con 23 horas de luz desde el día 1 hasta el día 7, luego 21 horas de luz hasta el día 21 y por último 16 horas de luz hasta el día 49 de edad. La temperatura del galpón se controló con calentadores de gas como se describe en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Programa de control de temperatura interna dentro del galpón de los pollos de engorde.

Rango de Temperatura (°C)	Duración de Temperatura (días)
34.4 – 35	1
31.1 – 32.2	2 - 5
29.4	6 - 14
28.3	15 - 21
26.7	22 - 28
23.8	28 - 49

El alimento se ofreció *ad libitum* en comederos de tolva con capacidad de 45 libras y el agua se ofreció de la misma manera utilizando bebederos de boquilla. La temperatura y mortalidad fueron monitoreadas y registradas diariamente. Las aves fueron monitoreadas dos a tres veces por día para asegurar que tuviesen las condiciones de luz y temperatura adecuadas, así también como el acceso a agua y alimento.

Parámetros de Evaluación.

El peso corporal, la ganancia de peso (GP) y el consumo de alimento (CA) se midieron a los 14, 28 y 49 días de edad y se calculó el índice de conversión alimenticia (ICA). Los parámetros de producción de pollos de engorde incluyen peso corporal (PC) usando la fórmula [1], consumo de alimento (CA) usando la fórmula [2], y el rendimiento de porciones comestibles.

$$\text{Peso Corporal} = \text{Peso de aves} / \text{Número de aves por corral} \quad [1]$$
$$\text{Consumo de Alimento} = \text{Alimento ofrecido} - \text{Alimento rechazado} \quad [2]$$

Para el índice de conversión alimenticia (ICA) ajustada para la mortalidad, en el factor de la ganancia de peso se utilizó el peso del corral del periodo dado (inicio, crecimiento o final) adicionado por el peso de los pollos muertos en ese periodo, y a todo eso, se le restó el peso del corral del periodo anterior. Utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{ICA} = \text{Alimento Consumido} / \text{Ganancia de Peso}^{***} \quad [3]$$

***Ganancia de Peso = (Peso del Corral + Peso de Pollos Muertos durante el periodo) – Peso del Corral de la Etapa anterior

Además, a los 49 días, 10 aves por corral se seleccionaron al azar, se les tomó de las alas y se les marcó las plumas con un tinte azul no tóxico (colorante de aerosol). Al día 50 de edad, las aves fueron procesadas en la Planta Piloto de Procesamiento de Aves de Corral de la Universidad de Auburn y se pesaron para determinar el peso de las partes más importantes y utilizadas de la canal. Al día siguiente, las canales procesadas se deshuesaron para determinar el rendimiento de la carne.

Evaluación de los parámetros físicos del alimento.

Se fabricaron las dietas de Inicio, Crecimiento y Final en el "Centro de Nutrición Animal y Avícola de la Universidad de Auburn" siguiendo buenas prácticas de manufactura y bajo la supervisión del investigador principal. Se recolectaron muestras de pellets durante la fabricación para evaluar el efecto de los tratamientos en el índice de durabilidad de pellet, porcentaje de finos y humedad del alimento.

El índice de durabilidad del pellet (IDP) se determina por el método ASAE S269.5 de Stark y Fahrenholz (2015). En total 500 gramos de pellets se tamizaron en un tamiz N° 6 de la Sociedad Americana de Pruebas y Materiales de tamices (ASTM). Luego se colocaron en un recinto hermético al polvo y fueron volteados, usando tuercas de 3.97×30 mm, durante 10 minutos a 50 rpm. Las dimensiones del recinto hermético son de $13 \times 30 \times 30$ cm, con una placa de 5×23 cm colocada diagonalmente a lo largo de uno de los lados de 30×30 cm. Las muestras se tamizaron nuevamente y se pesaron. El índice de durabilidad de pellet se calculó con la siguiente fórmula [4]:

$$\text{Índice de Durabilidad de Pellet} = \left(\frac{\text{Peso de pellets tamizados después de ser golpeados}}{\text{Peso de pellets tamizados antes de ser golpeados}} \right) \times 100 \quad [4]$$

Protocolo de Determinación del Porcentaje de Humedad.

La determinación del porcentaje de humedad se realizó por el método de la AOAC International (2011), donde se tomaron muestras de 2 g y se colocaron en un horno de convección por gravedad a una temperatura entre 95-100 °C bajo una presión de ≤ 100 mm Hg. La ecuación utilizada para determinar la humedad fue la siguiente [5]:

$$\% \text{ Materia Seca} = \left(\frac{\text{Peso después de Secado (g)}}{\text{Peso antes de Secado (g)}} \right) \times 100$$

$$\% \text{ Humedad} = (100 - \% \text{ Materia Seca}) \quad [5]$$

Determinación del Porcentaje de Finos.

Para determinar el porcentaje de finos, se tomaron como muestras cinco bolsas de 20 kg por cada tratamiento, tamizando el contenido total de cada bolsa con un tamiz No.6 de la ASTM. Al tamizar, los finos se colocaron en un contenedor aparte y se anotó el peso por cada muestra. Se calculó el porcentaje de finos con la siguiente ecuación [6]:

$$\% \text{ Finos} = \left(\frac{\text{Peso Finos}}{\text{Peso contenido de bolsa antes de tamizar}} \right) \times 100 \quad [6]$$

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calidad de pellet.

La temperatura de acondicionamiento tuvo un efecto significativo en el índice de durabilidad de pellet (IDP), porcentaje de finos y humedad (Cuadro 3) en las dietas de crecimiento y final. A medida que la temperatura de acondicionamiento se incrementó de 71 a 88 °C hubo una mejora en la calidad del alimento pelletizado. Se observó que el IDP mejoró a medida que la temperatura de acondicionamiento se incrementó de 71 a 82 °C. Las dietas acondicionadas a 88 y 82 °C tuvieron un mayor IDP en comparación con las dietas acondicionadas a 71 y 77 °C ($P < 0.0001$). Para el porcentaje de finos en la dieta de crecimiento, el tratamiento de 71 °C fue diferente del de 88 °C, aunque ambos fueron similares a los tratamientos de 77 y 82 °C. Sin embargo para la dieta de final, las temperaturas de acondicionado de 71 y 77 °C obtuvieron mayor porcentaje de finos que la temperatura de 88 °C, pero fueron similares a la temperatura de 82 °C. Para la variable de porcentaje de humedad en la dieta de crecimiento, las temperaturas de 71 y 77 °C tuvieron mayor contenido de humedad en comparación con la temperatura de 82 °C, aunque estas tres fueron similares a la temperatura de 88 °C. Para el caso de la dieta de final el tratamiento de 77 °C fue el de menor contenido de humedad, sin embargo fue similar a los tratamientos de 71 y 82 °C, mientras que el tratamiento de 88 °C fue el de mayor contenido de humedad siendo también similar a las temperaturas anteriores. A medida que se aumenta la temperatura de acondicionado se agrega más humedad a la harina.

Cuadro 3. Efecto de la temperatura de acondicionamiento antes del proceso de pelletizado sobre la calidad del pellet en dietas de Crecimiento y Final de pollos de engorde.

Tratamientos	IDP		% Finos		% Humedad	
	Crecimiento	Final	Crecimiento	Final	Crecimiento	Final
71 °C	88.42 ^b	86.94 ^c	12.28 ^b	9.01 ^b	11.17 ^b	12.86 ^{bc}
77 °C	88.45 ^b	86.40 ^c	8.04 ^{ab}	7.94 ^b	11.28 ^b	12.77 ^c
82 °C	96.39 ^a	89.27 ^b	5.42 ^{ab}	6.32 ^{ab}	10.54 ^a	13.40 ^{ab}
88 °C	98.15 ^a	94.60 ^a	3.50 ^a	4.38 ^a	10.97 ^{ab}	13.79 ^a
Probabilidad	<.0001	<.0001	0.0137	0.0012	0.006	0.0004
Error Estándar de la Media	1.0054	0.5380	1.0929	0.5095	0.0893	0.1160

^{abc} Medias en columnas con distinta letra, difieren estadísticamente entre sí ($P \leq 0.05$).

IDP: Índice de Durabilidad de Pellet.

Los resultados obtenidos concuerdan con Cutlip *et al.* (2008), donde demuestra que a mayor temperatura de acondicionamiento mayor será el IDP y menor el porcentaje de finos producidos. Esta relación es explicada por Skoch *et al.* (1981) quienes establecen que el vapor extrae los aceites esenciales contenidos en los granos, lo cual lubrica y reduce el desgaste en los rodos y dados de la pelletizadora, aumentando la tasa de producción. Con esto se dice que el incremento de temperatura y humedad en el acondicionamiento por efecto del vapor, provee mayor lubricación en el dado y además una alta adhesión entre las partículas del alimento. Según lo descrito por Briggs *et al.* (1999) y Buchanan *et al.* (2010) el índice de durabilidad de pellet aumenta con altos niveles de proteína, y concuerda con lo observado en este experimento, pues, la dieta de crecimiento tiene un mayor IDP debido al mayor contenido de proteína contenida en ésta. No obstante, lo dicho por Moritz *et al.* (2001) y Moritz *et al.* (2002) donde a mayor humedad del pellet, mayor será el grado de gelatinización del almidón y el IDP, no se ve reflejado en esta investigación para la dieta de Crecimiento. Los resultados de humedad obtenidos en este estudio sugieren que se debe incrementar el tiempo de retención en el enfriador a medida que se incrementa la temperatura de acondicionamiento para evitar la producción de alimentos con altos niveles de humedad. Los alimentos para animales con un contenido de humedad mayor al 13.5 - 14% son más susceptibles a crecimiento de mohos y éstos a la producción de micotoxinas (Diekman *et al.* 2010).

Consumo de alimento.

Para el consumo de alimento (Cuadro 4), se observa que a medida que pasa el tiempo el rango en el consumo entre tratamientos se va ampliando cada vez más. Sin embargo no se encontró ninguna diferencia estadística para este parámetro.

Cuadro 4. Efecto de diferentes temperaturas de acondicionamiento antes del proceso de pelletizado en el consumo de alimento (g/ave).

Tratamientos	Edad (días)			
	0 - 14	14 - 28	28 - 49	0 - 49
71 °C	457	1526	4163	6145
77 °C	456	1500	4202	6157
82 °C	457	1527	4280	6263
88 °C	453	1494	4107	6055
Probabilidad	0.9236	0.3467	0.2228	0.2332
Error Estándar de la Media	1.78	8.10	29.84	35.62

Los resultados obtenidos en este experimento no fueron los esperados, debido a que a pesar de que en los tratamientos de mayor temperatura se encontró una mayor calidad de pellet, esto según diversos autores (Skoch *et al.* 1981; Behnke 1996; Cutlip *et al.* 2008; Hott *et al.* 2008) debería aumentar el consumo y consecuentemente mejorar la ganancia de peso y el

índice de conversión alimenticia. Estos resultados son similares a los obtenidos por Lilly *et al.* (2011); Amerah *et al.* (2013) y Goodarzi Boroojeni *et al.* (2014) donde se observó que a pesar de tener diferencia en la calidad de pellet, el efecto esperado en el desempeño del ave (consumo, GDP e ICA) no llega a tener una diferencia significativa. En contraste con Abdollahi *et al.* (2010b) quienes encontraron que en las dietas de maíz con temperaturas de acondicionamiento de 60 y 90 °C, el consumo y la ganancia de peso fueron mayores que con temperatura de acondicionamiento de 75 °C. Se asume que es por la alta disponibilidad de nutrientes (60 °C) y por otro lado, la alta calidad de pellet (90 °C), creando así un balance. Esto es contrario a lo que Creswell y Bedford (2006) obtuvieron en su estudio, donde a mayor temperatura de acondicionamiento, mayores son los efectos negativos en el consumo de alimento e ICA.

Peso corporal.

Los tratamientos experimentales no influyeron significativamente en el peso corporal (Cuadro 5) (P=0.3476, P=0.2228 y P=0.2332) en ninguno de los periodos (14 - 28, 28 - 49 y 0 - 49 días).

Cuadro 5. Efecto de diferentes temperaturas de acondicionamiento antes del proceso de pelletizado sobre el peso corporal de los pollos (g/ave).

Tratamientos	Edad (días)		
	14	28	49
71 °C	404	1412	3759
77 °C	400	1404	3776
82 °C	402	1424	3810
88 °C	397	1390	3705
Probabilidad	0.4633	0.2628	0.4946
Error Estándar de la Media	1.64	6.20	24.01

El estudio realizado por Dozier *et al.* (2010) los autores compararon rendimiento de pellets de alta y baja calidad y concluyeron que los tratamientos con menor porcentaje de finos, tenían un mayor peso corporal, contrario a lo observado en este experimento. Dado que la menor cantidad de finos fue obtenida por el tratamiento de 88 °C, se esperaría un mayor consumo resultando en un mayor peso corporal. En el estudio realizado por Loar *et al.* (2014), obtuvieron un resultado similar al de este experimento. Los autores evaluaron tres diferentes temperaturas de acondicionamiento (74, 85 y 96 °C) y no observaron diferencia estadística en el consumo, peso corporal ni ganancia de peso. De acuerdo a Abdollahi *et al.* (2013) y Boroojeni *et al.* (2014) el acondicionamiento a altas temperaturas puede afectar negativamente la disponibilidad de nutrientes sensibles al calor tales como vitaminas y amino ácidos. Pero altas temperaturas durante el proceso de acondicionamiento pueden ayudar a reducir la carga bacteriana del alimento, incrementar la gelatinización del almidón y mejorar la calidad del alimento pelletizado (Stevens 1987). Con estos resultados se demuestra que hay un efecto negativo de las altas temperaturas en la disponibilidad de

nutrientes, sin embargo, esta condición es compensada con el alto consumo resultando en un peso corporal alto debido a la alta calidad de pellet.

Ganancia de peso.

Para la ganancia de peso (Cuadro 6), se observa al igual que en las tablas anteriores, no hay diferencias significativas en ninguna de las etapas evaluadas (inicio, crecimiento y final).

Cuadro 6. Efecto de diferentes temperaturas de acondicionamiento antes del proceso de pelletizado sobre la ganancia de peso (g/ave).

Tratamientos	Edad (días)		
	0 - 14	14 - 28	28 - 49
71 °C	369	1008	2347
77 °C	365	1004	2373
82 °C	366	1023	2385
88 °C	362	993	2315
Probabilidad	0.4384	0.2528	0.6679
Error Estándar de la Media	1.62	5.19	20.98

Los resultados obtenidos difieren de Amerah *et al.* (2013) quienes evaluaron tres temperaturas de acondicionamiento (75, 85 y 90 °C) obteniendo como resultado que las temperaturas de 75 y 90 °C tienen pesos similares entre sí y mayores en comparación a la temperatura de 80 °C. Esto es similar a lo encontrado por Abdollahi *et al.* (2010a, 2010b) quienes encontraron diferencia en la ganancia de peso, que fue mayor en los tratamientos de 60 y 90 °C y muy inferior en la temperatura de 75 °C. Kirkpinar y Basmacioğlu (2011) también evaluaron temperaturas de acondicionamiento en dietas de maíz y soya, encontrando que la temperatura de 65 °C tuvo mayor ganancia de peso en comparación a las temperaturas de 75 y 85 °C. Los resultados de este experimento se deben a lo explicado anteriormente por Abdollahi *et al.* (2013) y Boroojeni *et al.* (2014) que los efectos negativos de la baja digestibilidad por altas temperaturas, son compensados con la alta calidad de pellet. Esto es sustentado en parte por Loar *et al.* (2014), quienes obtuvieron como resultado general, que aumentar la temperatura de acondicionamiento reduce la digestibilidad total de amino ácidos de metionina, isoleucina y prolina en un 3 - 5%, y además tuvo la tendencia a reducir la digestibilidad de lisina, valina y leucina en un 3 - 6%.

Índice de conversión alimenticia (ICA)

Para el índice de conversión alimenticia (Cuadro 7) tampoco se encontró diferencia significativa en ninguno de los periodos (0 - 14, 0 - 28 y 0 - 49 días).

Cuadro 7. Efecto de diferentes temperaturas de acondicionamiento antes del proceso de pelletizado sobre el índice de conversión alimenticia.

Tratamientos	Edad (días)		
	14	28	49
71 °C	1.23	1.44	1.74
77 °C	1.24	1.43	1.74
82 °C	1.24	1.43	1.77
88 °C	1.25	1.45	1.75
Probabilidad	0.4487	0.1364	0.1080
Error Estándar de la Media	0.003	0.003	0.005

De acuerdo a Cutlip *et al.* (2008) los pellets resultantes del acondicionamiento a altas temperaturas reducen el consumo y el ICA, contrario a lo observado en esta investigación. El aumentar la temperatura de acondicionamiento es desfavorable para el ICA, probando que las bajas temperaturas mejoran el consumo e ICA (Kirkpinar y Basmacioğlu 2011 y Loar *et al.* 2014). Sin embargo los resultados de este estudio fueron similares a los obtenidos por Abdollahi *et al.* (2010a) y Attar *et al.* (2017) donde, a pesar de utilizar temperaturas de acondicionamiento diferentes, no hubo diferencia significativa en el ICA durante todo el ciclo. Los tratamientos de altas temperaturas se ven desfavorecidos en este caso, debido a que el calor aplicado hace que varios amino ácidos se vean afectados (Newkirk *et al.* 2003). Puede haber un gran consumo de alimento pero al haber una desnaturalización de amino ácidos y vitaminas su efecto se ve reflejado en una mala absorción y utilización de éstos.

Procesamiento.

En el procesamiento (Cuadro 8) tampoco se encuentra diferencia significativa en el peso de la pechuga (P=0.3381), alas (P=0.4971), canal (P=0.3310), pectorales mayores (P=0.5998) y los muslos y piernas (P=0.1613). El tratamiento de 82 °C sigue siendo el de mayor valor numérico, aunque sin llegar a tener una diferencia significativa.

Cuadro 8. Efecto de diferentes temperaturas de acondicionamiento antes del proceso de pelletizado sobre el rendimiento de las partes más utilizadas del ave (g/ave).

Tratamientos	Pechuga (g)	Alas (g)	Canal (g)	Pectorales frontales (g)	Piernas y Muslos (g)
71 °C	889	290	3006	1823	1183
77 °C	873	287	2999	1796	1197
82 °C	904	293	3067	1834	1232
88 °C	884	288	3030	1828	1202
Probabilidad	0.3381	0.4971	0.3310	0.5998	0.1613
Error Estándar de la Media	6.06	1.44	14.72	10.52	13.53

Este resultado fue similar al de Loar *et al.* (2014) quienes compararon tres temperaturas de acondicionamiento diferentes (74, 85 y 96 °C), ningún tratamiento aplicado resultó en diferencias significativas. El efecto fue visto únicamente en la calidad de pellet y en la digestibilidad de amino ácidos, a pesar de esto, no se vio reflejado en el rendimiento de los pollos. Por otro lado Lilly *et al.* (2011) en su experimento con pellets de alta, media y baja calidad obtuvieron diferencias significativas en los parámetros de procesamiento (peso de la canal y pechuga). Los pellets de alta calidad tenían un 10% de finos, y los de media un 40% y a pesar de este amplio rango de finos en los tratamientos, al compararlos, no hubo mayor diferencia, más que en el peso de la canal por 40 g, donde sí se presentó una diferencia significativa. Con lo discutido previamente, vemos que el factor que en realidad tiene un efecto en el procesamiento es la calidad del pellet, en este caso el porcentaje de finos. Aunque dicho factor fue diferente estadísticamente en esta investigación, no fue lo suficientemente drástico como para lograr una diferencia significativa en esta variable.

Mortalidad.

En este parámetro (Cuadro 9) no se encontró diferencias entre tratamientos en la etapa de 14 a 28 días de edad, sin embargo en el periodo de 28 a 49 días el tratamiento con 88 °C tuvo una mortalidad inferior a la del tratamiento con 82 °C y ambos tratamientos no difirieron de los tratamientos de 71 y 77 °C.

Cuadro 9. Incidencia de mortalidad en pollos de engorde según los tratamientos aplicados.

Tratamientos	Edad (días)	
	14 – 28	28 – 49
71 °C	1.9	3.5 ^{ab}
77 °C	1.9	2.5 ^{ab}
82 °C	2.2	6.1 ^b
88 °C	4.6	1.8 ^a
Probabilidad	0.3195	0.0311
Error estándar de la media	0.0061	0.0056

Una de las causas por la que se encuentra una diferencia significativa en este estudio, es por el síndrome de “*flip-over*” o muerte súbita. El síndrome de muerte súbita es una condición patológica caracterizada por la tendencia de un crecimiento rápido en pollos aparentemente sanos, que inesperadamente se voltean y mueren (Cassidy *et al.* 1975).

La mayor parte de los pollos afectados por esta patología, quedan muertos sobre su espalda. En este estudio la mayor mortalidad se vio en el periodo de 28 - 49 días y en el caso de Van Biljon (2001) en el periodo de 8 - 28 días. A pesar de que en este estudio no hubo diferencia significativa en el consumo y ganancia de peso, la razón por la que la mortalidad aumentó en la última etapa fue debido a que dentro de cada corral siempre hay pollos con peso por arriba o debajo de la media. Los pollos más pesados fueron los más propensos a morir por esta causa debido a su poca capacidad para mantener el equilibrio durante el movimiento de las aves dentro del corral, haciéndolos caer sobre su espalda.

4. CONCLUSIONES

- Las diferentes temperaturas de acondicionado antes del pelletizado no afectaron el comportamiento productivo y rendimiento de las porciones más utilizadas de la canal (consumo de alimento, peso corporal, ganancia de peso, índice de conversión alimenticia, pechuga, alas, peso de la canal, pectorales frontales y muslos mas piernas).
- Las temperaturas de acondicionamiento más altas mejoraron la calidad de pellet; brindando un mayor IDP y menor porcentaje de finos en ambas dietas.
- En la dieta de final, a medida que se aumenta la temperatura de acondicionamiento se inyecta más vapor para alcanzar las temperaturas deseadas, dejando al concentrado con mayor porcentaje de humedad.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar combinaciones de las diferentes temperaturas entre las etapas (inicio, crecimiento y final) para determinar algún efecto en los parámetros de rendimiento y mortalidad.
- Medir las tasas de producción y consumo de energía de la planta de concentrados para determinar los costos de energía eléctrica de los tratamientos aplicados y la eficiencia de éstos en base a los parámetros de rendimiento y procesamiento.
- Aplicar los tratamientos térmicos desde la dieta de inicio, para determinar si el hecho de aplicar dichas temperaturas desde la etapa temprana logra tener un efecto en los parámetros evaluados.
- Debido a que a mayor temperatura de acondicionamiento aumentó el porcentaje de humedad en la dieta de Final, se recomienda a la industria aumentar el tiempo de enfriamiento para así evitar que el concentrado final alcance una humedad arriba de 13.5%, siendo susceptible al crecimiento de hongos y mohos productores de micotoxinas.

6. LITERATURA CITADA

- Abdollahi M, Ravindran V, Wester T, Ravindran G, Thomas D. 2010. Influence of conditioning temperature on performance, apparent metabolisable energy, ileal digestibility of starch and nitrogen and the quality of pellets, in broiler starters fed maize- and sorghum-based diets. *Journal of Animal Feed Science and Technology*. 162(3-4):106-115.
- Abdollahi M, Ravindran V, Wester T, Ravindran G, Thomas D. 2010. Influence of conditioning temperature on the performance, nutrient utilization and digestive tract development of broilers fed on maize- and wheat-based diets. *British Poultry Science*. 51(5):648-657.
- Abdollahi M, Ravindran V, Svihus V. 2013. Influence of grain type and feed form on performance, apparent metabolisable energy and ileal digestibility of nitrogen, starch, fat, calcium and phosphorus in broiler starters. *Journal of Animal Feed Science and Technology*. 186(3-4):193-203.
- Amerah A, Quiles A, Medel P, Sánchez J, Lehtinen M, Gracia M. 2013. Effect of pelleting temperature and probiotic supplementation on growth performance and immune function of broilers fed maize/soy-based diets. *Journal of Animal Feed Science and Technology*. 180(1-4):55-63.
- Amezcuca C, Parsons C. 2007. Effect of Increased Heat Processing and Particle Size on Phosphorus Bioavailability in Corn Distillers Dried Grains with Solubles. *Poultry Science*. 86(2):331-337.
- AOAC International. 2000. Loss on Drying (Moisture) at 95–100°C for Feeds/Dry Matter on Oven Drying at 95–100°C for Feeds. Method No. 934.01. *Journal of AOAC INTERNATIONAL*.
- Arbelaez C. 2011. Análisis de la influencia que tiene la calidad del concentrado peletizado sobre los rendimientos de las producciones pecuarias [Disertación de tesis]. Corporación Universitaria Lasallista. Antioquía. 134p.
- Attar A, Kermanshahi H, Golian A. 2017. Effects of conditioning time and sodium bentonite on pellet quality, growth performance, intestinal morphology and nutrient retention in finisher broilers. *British Poultry Science*. 59(2):190-197.

- Aviagen.2014. Densidad poblacional. Galpones y Medio Ambiente. *In: Manual de Manejo del Pollo de Engorde Ross*. [Consultado 2018, ago 15] Disponible en: www.aviagen.com.
- Behnke K. 1996. Feed manufacturing technology: Current issues and challenges. *J Journal of Animal Feed Science and Technology*. 62(1):49-57.
- Borojeni G, Mader A, Knorr F, Ruhnke I, Röhe I, Hafeez, A, Männer K, Zentek J. 2014. The effects of different thermal treatments and organic acid levels on nutrient digestibility in broilers. *Poultry Science*. 93(5):1159-1171.
- Briggs J, Maier D, Watkins B, Behnke K. 1999. Effect of Ingredients and Processing Parameters on Pellet Quality. *Poultry Science*. 78(10):1464-147.
- Buchanan N, Lilly K, Gehring C, Moritz J. 2010. The effects of altering diet formulation and manufacturing technique on pellet quality. *JAPR*. 19(2):112-120.
- California Pellet Mill. 2015. Animal Feed Pelleting [internet]. [consultado 2018 mar 14]. Disponible en: <https://www.cpm.net/downloads/Animal%20Feed%20Pelleting.pdf>.
- Cassidy D, Gibson M, Proudfoot F. 1975. The histology of cardiac blood clots in chicks exhibiting the "flip-over" syndrome. *Poultry Science*. 54(6):1882-1886.
- Creswell D, Bedford M. 2006. High pelleting temperatures reduce broiler performance. *Proceedings of the Australian Poultry Science Symposium*.
- Cutlip S, Hott J, Buchanan N, Rack A, Latshaw J, Moritz J. 2008. The Effect of Steam-Conditioning Practices on Pellet Quality and Growing Broiler Nutritional Value. *JAPR*. 17(2):249-261.
- Diekman M, Coffey M, Hill R, Purkhiser D, Reeves D, Young L. 2010. *Pork Industry Handbook*. 4th ed. West Lafayette, Indiana (USA): Purdue University Press. 1600p.
- Dozier W, Behnke K, Gehring C, Branton S. 2010. Effects of feed form on growth performance and processing yields of broiler chickens during a 42-day production period. *JAPR*. 19(3):219-226.
- Guy R. 2002. *Extrusión de los Alimentos*. 1era ed. Zaragoza (España): Editorial Acribia. 218p.
- Hott J, Buchanan N, Cutlip S, Moritz J. 2008. The Effect of Moisture Addition with a Mold Inhibitor on Pellet Quality, Feed Manufacture, and Broiler Performance. *JAPR*. 17(2):262-271.
- Kirkpinar F, Basmacioğlu H. 2011. Effects of pelleting temperature of phytase supplemented broiler feed on tibia mineralization, calcium and phosphorus content of serum and performance. *Czech Journal of Animal Science*. 51(2):78-84.

- Lilly K, Gehring C, Beaman K, Turk P, Sperow M, Moritz J. 2011. Examining the relationships between pellet quality, broiler performance, and bird sex. *JAPR*. 20(2):231-239.
- Loar R, Wamsley K, Evans A, Moritz J, Corzo A. 2014. Effects of varying conditioning temperature and mixer-added fat on feed manufacturing efficiency, 28- to 42-day broiler performance, early skeletal effect, and true amino acid digestibility. *JAPR* 23(3):444-455.
- Lundblad K, Issa S, Hancock J, Behnke K, Mckinney L, Alavi S, Prestløkken E, Fledderus J, Sørensen M. 2011. Effects of steam conditioning at low and high temperature, expander conditioning and extruder processing prior to pelleting on growth performance and nutrient digestibility in nursery pigs and broiler chickens. *Journal of Animal Feed Science and Technology*. 169(3-4):208-217.
- Moritz J, Beyer R, Wilson K, Mckinney L, Fairchild F. 2001. Effect of Moisture Addition at the Mixer to a Corn-Soybean-Based Diet on Broiler Performance. *JAPR*. 10(4):347-353.
- Moritz J, Wilson K, Cramer K, Beyer R, Mckinney L, Cavalcanti W, Mo X. 2002. Effect of Formulation Density, Moisture, and Surfactant on Feed Manufacturing, Pellet Quality, and Broiler Performance. *JAPR*. 11(2):155-163.
- Newkirk R, Classen H, Scott T, Edney M. 2003. The digestibility and content of amino acids in toasted and non-toasted canola meals. *Canadian Journal of Animal Science*. 83(1):131-139.
- Reimer L. 1992. Conditioning. In: *Proc. Northern Crops Institute Feed Mill Management and Feed Manufacturing Technol. Short Course*. p. 7. California Pellet Mill Co. Crawfordsville, IN.
- Reimer L, Beggs W. 1993. Making better pellets: harnessing steam quality. *Feed Management*. 44(1):22.
- Skoch E, Behnke K, Deyoe C, Binder S. 1981. The effect of steam-conditioning rate on the pelleting process. *Journal of Animal Feed Science and Technology*. 6(1):83-90.
- Stark C, Fahrenholz A. 2015. ASAE Standard S269.5 - Pellet Durability Test. Evaluating Pellet Quality. Kansas State Research and Extension. [Consultado 2018, ago 15] Disponible en: www.ksre.ksu.edu.
- Stevens C. 1987. Starch gelatinization and the influence of particle size, steam pressure, and die speed on the pelleting process [Disertación de tesis]. Kansas State University, Manhattan. 85p.

Van Biljon N. 2001. The effect of feed processing and feed texture on bodyweight, feed conversion and mortality in male broilers [Disertación de tesis]. University of Pretoria, Pretoria. 111p.

7. ANEXO

Anexo 1. Recomendaciones del Consejo Nacional del Pollo (2010) para densidades de pollo, aplicadas en Estados Unidos (Aviagen 2014):

- Menos de 2.04 kg, la densidad poblacional máxima 32 kg/m²
- 2.04 - 2.49 kg, la densidad poblacional máxima es 37 kg/m²
- Más de 2.49 kg, la densidad poblacional máxima es 42 kg/m²