

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS

ESCUELA DE ZOOTECNIA

**Práctica dirigida realizada en una empresa avícola dedicada a la producción
de pollo de engorde.**

Mariana Guiselle Monestel Flores

**Práctica presentada para optar por el grado académico de Licenciatura en
Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia**

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

2019

TRIBUNAL EVALUADOR

Esta práctica fue aceptada por la Comisión de Trabajos Finales de Graduación de la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia

Directora de la Práctica
Sub directora de Escuela

Ing. Catalina Salas Durán, Ph.D.

Miembro del tribunal

Ing. Sebastián Dorado Montenegro, M.Sc.

Miembro del tribunal

Ing. Sergio Salazar Villanea, Ph.D.

Miembro del tribunal

Ing. Heiner Rojas Morera, Lic

Miembro del tribunal

Ing. Rodolfo WingChing Jones, M.Sc.

Sustentante

Mariana Guiselle Monestel Flores

DEDICATORIA

A Dios, mi señor y a la virgen María. Gracias señor por haberme dado las fuerzas, la paciencia, la salud y el tiempo para realizar mi proyecto final de graduación. Tú sabes cuánto lo deseaba.

AGRADECIMIENTOS

A mi esposo Manuel, por ser mi mayor soporte, mi fortaleza, mi energía, mi motor, por haberme apoyado tanto, y por haberme dado ánimos en estos años de estudio.

A mi angelito, que siempre me acompañó en el viaje en carretera durante la parte experimental.

A Águeda Serrano, gracias a su ayuda y a sus consejos, hoy estoy a punto de cumplir uno de mis sueños.

A la profesora Catalina Salas, por haberme recibido y brindado todo su apoyo en este proyecto, que empecé y terminé gracias a ella.

A mi mamá, mi papá, mis hermanas y hermano que siempre me han apoyado.

A mis profesores lectores, Sebastián Dorado y Sergio Salazar por todas sus contribuciones.

A la empresa que me abrió sus puertas para poder realizar este trabajo.

A personas que laboran para la empresa, la cuales me trataron con mucho respeto y compartieron su conocimiento con todo gusto, Heiner Rojas, Jose Villalobos (Migue), Juan Diego Morera, Guido Centeno, Daniel Benavides, Felipe Portillo, Carlos Solano. A los encargados de granja Cruz Gonzáles y Jackson.

ÍNDICE GENERAL

TRIBUNAL EVALUADOR	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS.....	3
General	3
Específicos	3
CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
1.1. Situación actual de la avicultura en Costa Rica.....	4
1.2. Pollo de engorde: aspectos que impactan sobre el rendimiento.....	5
1.2.1. La calidad del pollito: incubación de huevo fértil	7
1.2.2. Nutrición	9
1.2.3. Manejo general en granja	15

1.2.4. La salud en los pollos de engorde	31
1.2.5. Transporte de aves.....	34
1.3. Planta de procesamiento.....	37
1.3.1. Inspección post mortem.....	38
CAPÍTULO II: PROCEDIMIENTO Y METODOLOGÍA.....	40
2.1. Granjas de engorde	40
2.2. Planta incubadora	41
2.3. Pruebas de campo	42
2.4. Planta de procesamiento.....	43
2.5. Planta de alimento	44
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
3.1. Actividades en granja de engorde	45
3.2. Actividades en Planta Incubadora	54
3.3. Pruebas de campo.....	58
3.4. Actividades Planta de procesamiento.....	70
3.5. Actividades Planta de alimento	72
CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	73
LITERATURA CITADA.....	75
ANEXOS.....	85

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	TÍTULO	PÁGINA
1	Objetivos productivos esperados para pollos de engorde de las dos líneas genéticas más utilizadas en Costa Rica, en diferentes semanas del ciclo productivo	5
2	Evolución de los parámetros técnicos en pollos de engorde desde el año 1925 hasta 2010	6
3	Recomendaciones nutricionales, consumo y periodo para los pollos de engorde en diferentes etapas	11
4	Guía para la evaluación de buche, tiempo estimado para la revisión y porcentaje de llenado	16
5	Guía de temperatura óptima de alojamiento para pollo de engorde desde el día 0-35 días de edad, con rangos de humedad relativa entre 60-70%	21
6	Efecto del factor viento a diferentes temperaturas de aire y velocidades del aire	24
7	Velocidad máxima de aire en diferentes días del ciclo productivo del pollo de engorde	26
8	Programa de luz estándar para aves con menos de 2,5 kg de peso al sacrificio	28
9	Dimensiones y densidades poblacionales en los galpones de granja 1	48
10	Parámetros obtenidos con medidor de clima (Kestrel 3500) en las galeras de Granja 2 y Granja 1 entre 11.am – 12:00 md, en pollo de diferentes edades	49
11	Porcentaje de uniformidad y cantidad de aves muestreadas en las galeras pertenecientes a Granja 2 y Granja 1, a diferentes edades	53

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	TÍTULO	PÁGINA
12	Parámetros zootécnicos obtenidos en aves suplementadas con muramidasa, prueba de campo 1 en Granja 1 de la semana 1 – 5	59
13	Cuadro 13. Rendimientos zootécnicos de pollos de engorde suplementados con la enzima muramidasa comparados con los tres rendimientos históricos de la granja	60
14	Parámetros zootécnicos obtenidos por galera durante la prueba de Balancius en Granja 1 de la semana 1 – 5	62
15	Rendimientos zootécnicos de pollos de engorde suplementados con la enzima muramidasa comparados con el control en granja 1 durante la prueba 2	63
16	Análisis de calidad de cama en granja 1 a la edad de 34 días, utilizando en el protocolo estándar de DSM, basado en Welfare Quality® 2009	68
17	Análisis de lesiones plantares y su gravedad realizada en granja 1, utilizando en el protocolo estándar de DSM, basado en Welfare Quality® 2009	69
18	Prueba de rendimiento cárnico obtenido en la planta de procesamiento, para la primera y segunda prueba de campo en granja 1. Además de peso vivo promedio de las aves seleccionadas para la prueba de rendimiento cárnico	71

ÍNDICE DE FIGURAS

CUADRO	TÍTULO	PÁGINA
1	Distribución de las aves bajo las criadoras luego del recibo	18
2	Zona confort térmico con ambiente controlado en un galpón	23
3	Estructura del polímero peptidoglicano	85
4	Células y diferentes estructuras que componen el intestino delgado	86
5	Diferencias estructurales entre las bacterias grampositivas y las bacterias gramnegativas	88

ÍNDICE DE ANEXOS

CUADRO	TÍTULO	PÁGINA
1	Muramidasa, lugar de acción del complejo enzimático, órganos involucrados	85
2	Bacterias	87
3	Temperaturas efectivas para diferentes combinaciones de temperatura ambiente, HR y velocidad de aire	89
4	Cadena de frío adecuada para asegurar la calidad del embrión desde la granja hasta la plante de incubación	90

RESUMEN

En las últimas décadas la avicultura ha tenido progresos importantes, en el campo de la genética, la nutrición, el manejo sanitario, la infraestructura y el manejo en general; lo cual produce un aumento en el rendimiento de las aves. El rendimiento puede variar por diferentes motivos, ya sean por dificultades sucedidas en la incubación, lo que afecta la calidad del pollito; dificultades en la granja en cuanto a la nutrición, la sanidad, la bioseguridad, la alimentación, la densidad poblacional, el manejo de ambiente controlado o el entorpecimiento en el transporte de los animales.

En esta práctica se realizaron actividades productivas en dos granjas de pollo de engorde, se participó en los procesos de incubación de huevo, se monitorearon tres pruebas de campo, la primera y la segunda para evaluar el desempeño de pollos de engorde que fueron suplementados con un complejo enzimático de muramidasa y, la tercera para valorar el impacto sobre el rendimiento del pollo de engorde expuesto a un transporte y ayuno prolongado. Así mismo, se participó en muestreo de alimentos en la planta de alimento y, pruebas de rendimiento cárnico en la planta de proceso.

Para la prueba 1 todas las aves fueron suplementadas con el complejo enzimático de muramidasa y, se compararon los resultados con los históricos de la granja, se obtuvo que el peso promedio de las aves fue mayor en los cierres de los históricos de la granja en comparación con el tratamiento de muramidasa. La conversión alimenticia (CA) ajustada fue mejor en el tratamiento con muramidasa (1,524), a excepción de una de las partidas que el resultado fue igual al tratamiento con muramidasa. Cabe rescatar que el índice eficiencia productiva (IPE) fue menor en el tratamiento con muramidasa (341,90) versus los históricos (346,82 – 366,24), debido al alto porcentaje de mortalidad, a causa de complicaciones propias de la granja.

Para la segunda prueba de campo se contó con una galera control (G2) y dos galeras con tratamiento (G1 y G3). Los resultados indicaron que los lotes de aves tratados con muramidasa obtuvieron mejores rendimientos en cuanto peso, conversión alimenticia ajustada, mortalidad al final del ciclo productivo. Respecto a la mortalidad, el control obtuvo un 6,50% y el tratamiento con muramidasa obtuvo un 5,56%. En cuanto a peso vivo, 2,071 kg vs 1,960 kg para el tratamiento y control, respectivamente y, la conversión alimenticia (CA) ajustada también obtuvo mejores resultados el tratamiento con muramidasa en contraste con el control; 1,514 vs 1,537, respectivamente. Así como un mejor costo por kg en el tratamiento vs el control con una diferencia de ¢ 2,27.

En cuanto a las pruebas de rendimiento cárnico realizadas en la planta de procesamiento, se obtuvieron rendimientos cárnicos superiores para las aves que fueron suplementadas con el complejo enzimático de muramidasa tanto en hembras como en machos, con respecto al control; con una diferencia superior a 3 % entre el tratamiento y el control. Además se realizó una prueba de mezclado de muramidasa para fase 3 en planta de alimento, los resultados de todas las muestras revelaron que estas muestras y las muestras tomadas en granja contaban con la cantidad adecuada de muramidasa. En el caso de la prueba tres, se monitoreó y se generó la información, pero por efectos de confidencialidad los datos no se compartirán en este informe.

Se debe tomar en cuenta que, aunque los resultados obtenidos en las pruebas de campo son consistentes con otros estudios, no están sujetos a análisis estadístico.

INTRODUCCIÓN

La producción de pollo de engorde tiene como objetivo principal producir carne de pollo, eficientemente y al menor costo. En las últimas décadas el sector avícola ha tenido progresos importantes en aspectos genéticos, nutricionales, sanitarios, de infraestructura y de manejo en general (Miranda-Guzmán, 2017), lo cual hace que el rendimiento de las aves sea mayor (Cobb-Vantress, 2013e).

En la producción industrial de pollo de engorde, la ganancia de peso diaria, el consumo de alimento, la conversión alimenticia (CA) y, el rendimiento en planta de cosecha, son parámetros productivos considerados elementales para determinar el rendimiento de las granjas (Arita y Figueroa, 2014).

La CA es la respuesta evaluada de preferencia a las pruebas diseñadas para medir los beneficios obtenidos con algún cambio en manejo o en las dietas de los pollos de engorde (Vieira, 2012). La CA es un indicador de la productividad de un animal y se define como la relación que existe entre el alimento que consume con el peso que gana.

Las variaciones en la CA y en otros parámetros de rendimiento, pueden ocurrir por diferentes motivos, ya sean por dificultades sucedidas en incubación, dificultades directamente en la granja o en el transporte de los animales. Los siguientes se consideran momentos clave que pueden afectar los parámetros productivos (Aviagen, 2014):

- ✓ Nacimiento del pollito
- ✓ Cosecha, almacenamiento y transporte del pollito
- ✓ Desarrollo de buenos hábitos alimenticios del pollito joven
- ✓ Cambio y manejo de las diferentes fases del ciclo productivo
- ✓ Captura del pollo y transporte al sacrificio

Por otro lado, uno de los aspectos más importantes en el rendimiento de los pollos de engorde es el manejo de la alimentación y la nutrición. De esta manera se maximiza el desempeño biológico del ave sin comprometer el bienestar animal (Aviagen, 2013). De modo que se debe tomar en cuenta que el alimento balanceado utilizado en la avicultura representa un alto porcentaje del total del costo de la producción en granja, aproximadamente un 85% ya que, son elaborados con alta tecnología, con materias primas importadas y, además de esto, con el uso de aditivos (Zaviezo, 2012).

Para determinar cambios en el rendimiento es necesario realizar ensayos, para valorar el efecto de los cambios en las dietas, en el manejo o infraestructura. Tomando en cuenta que existen factores que pueden afectar la expresión de los resultados como, por ejemplo, la edad del animal, la duración del estudio, los ingredientes usados en la dieta, entre otros. (Vieira, 2012). La información recuperada es de utilidad para comparar rendimientos productivos y realizar la toma de decisiones.

OBJETIVOS

General

1. Colaborar en el desarrollo de las actividades productivas dentro de una empresa dedicada a la producción de pollo de engorde.

Específicos

1. Asistir en el desarrollo de actividades productivas que implican el manejo de granjas de pollo de engorde.
2. Participar en los procesos de incubación de huevo, para producción de pollo de engorde.
3. Llevar a cabo el monitoreo de dos pruebas de campo para evaluar el desempeño de pollos de engorde que han sido suplementados con un complejo enzimático de muramidasa.
4. Llevar a cabo el monitoreo de una prueba de campo para valorar el impacto sobre el rendimiento del pollo de engorde expuesto a transporte y ayuno prolongado.
5. Participar en procesos relacionados con las pruebas de campo, como muestreo de alimento en la planta de alimento y, pruebas de rendimiento cárnico en la planta de proceso.

CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Situación actual de la avicultura en Costa Rica.

La carne de pollo es uno de los alimentos de origen animal más consumidos en el mundo y contribuyen a la nutrición humana al proporcionar proteínas de alta calidad, y bajos niveles de grasas (FAO, 2018). En Costa Rica hay una gran aceptación a la carne de pollo por parte de los consumidores, la cual ha ido en aumento, reportándose para el 2010 un consumo per cápita de 23,30 kg (Wright, 2010), 28,00 kg para el 2016 (Gómez, 2017), y un total de 29,97 kg para el 2018; con una producción total de carne de pollo eviscerada de 124,80 mil toneladas para en el año 2016 (Asociación Latinoamericana de Avicultura, 2019).

Una de las características en cuanto a la avicultura de engorde costarricense es el amplio uso del sistema de productores integrados. Bajo este sistema, los productores que se integran a la empresa, reciben los pollitos, los insumos y la asesoría técnica para lograr los mejores rendimientos productivos y, luego la empresa les compra las aves al final del ciclo de engorde (Industria Avícola, 2013).

Las aves reproductoras pesadas (bisabuelos, bisabuelas, abuelos y abuelas) utilizadas son híbridos, cruces de distintas razas, llamadas líneas genéticas o cruce industrial (Barroeta et al., 2011). Los planes de selección elaborados por empresas de genética internacionales hacen posible la optimización en el resultado productivo manteniendo un alto equilibrio en cuanto a salud y genética (Barroeta et al., 2011).

Posteriormente el huevo fértil de las reproductoras es incubado y, al día uno luego de su nacimiento son enviados al país de destino para ser remitidos a las granjas de levante y producción para obtener nuevamente huevo fértil; que luego de la incubación y nacimiento se trasladarán a granjas de engorde (Barroeta et al., 2011).

1.2. Pollo de engorde: aspectos que impactan sobre el rendimiento

El objetivo de la producción de pollos de engorde debe ser alcanzar buenos rendimientos en la parvada (Aviagen, 2009b). En la producción intensiva, la ganancia diaria de peso (GPD), el consumo de alimento, la CA y el rendimiento en planta de cosecha son parámetros productivos considerados elementales para determinar el rendimiento de las granjas (Arita y Figueroa, 2014; Cobb-Vantress, 2018) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Objetivos productivos esperados para pollos de engorde de las dos líneas genéticas más utilizadas en Costa Rica, en diferentes semanas del ciclo productivo

	Semana	Peso (g)	Consumo (g)	GPD (g)	CA
*Cobb	1	193	145	33	0,76
	2	528	541	60	1,03
	3	1018	1239	79	1,22
	4	1615	2209	90	1,37
	5	2273	3399	96	1,50
**Aviagen	1	189	162	30	0,85
	2	488	527	52	1,08
	3	951	1167	76	1,22
	4	1549	2108	92	1,36
	5	2225	3325	99	1,49

Fuente: modificado de * Cobb-Vantress (2018) ** Aviagen (2017).

Peso, consumo y CA corresponden a datos acumulados

Los aspectos más importantes que afectan el rendimiento del pollo de engorde moderno son: la genética, la calidad del pollito, la nutrición, la sanidad, la bioseguridad, la alimentación, la densidad poblacional, el manejo de ambiente controlado considerando la temperatura, la ventilación e iluminación, además del transporte (Aviagen, 2014). Constantemente se dan progresos en cada uno de estos factores lo que conlleva a una mejora en la producción (Baracho et al., 2006, Nilipour, 2012), como se puede observar en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Evolución de los parámetros técnicos en pollos de engorde desde el año 1925 hasta 2010

Año	Peso (g)	Edad (días)	CA	GPD (g)	Mortalidad (%)
1925	1035,10	112	4,70	9,24	18,0
1935	1180,40	98	4,40	12,04	14,0
1945	1407,40	84	4,00	16,75	10,0
1955	1498,20	70	3,00	21,40	7,0
1965	1589,00	63	2,40	25,22	6,0
1975	1679,80	56	2,10	30,00	5,0
1985	1906,80	49	2,00	38,91	5,0
1995	2088,40	45	1,90	46,41	5,0
2005	2451,60	44	1,80	55,72	4,0
2010	2542,40	42	1,70	60,53	3,5
2015	2633,20	40	1,65	65,83	3,0

Fuente: Modificado de Nilipour (2012).

CA = conversión alimenticia GPD= ganancia de peso diaria

Sin embargo existen otros puntos importantes de manejo fuera de la granja que también pueden influir sobre el rendimiento del pollo de engorde como lo es el transporte de las aves antes de ser incorporados a las granjas, o en la etapa final del proceso de producción cuando el pollo sale de la granja camino a la planta de procesamiento (Aviagen, 2014).

Por otro lado, en cuanto a los progresos constantes utilizados para obtener mayores rendimientos, han surgido una serie inconvenientes producto de una ganancia rápida de peso, entre los que destacan: la ascitis, el síndrome de muerte súbita, los problemas de patas, las callosidades en la pechuga, y el exceso de grasa abdominal. Todos esos efectos del crecimiento rápido se pueden controlar y reducir a través de ajustes en la nutrición, en el ambiente o en la selección del genotipo (Nilipour, 2012).

1.2.1. La calidad del pollito: incubación de huevo fértil

Los pollos de engorde poseen ciertas características fisiológicas y anatómicas que los hacen potenciadores de la conversión, de acuerdo con Ros (2016) algunas de esas características especiales son las siguientes:

- ✓ Durante el último tercio de la incubación el desarrollo del tracto gastro intestinal (TGI) es mucho mayor que el resto de los tejidos embrionarios.
- ✓ Los primeros días de vida los órganos digestivos aumentan en longitud y diámetro; además la mucosa intestinal incrementa 3 - 5 veces el volumen de las vellosidades.
- ✓ Seguidamente, las criptas ganan profundidad, aumenta el número de enterocitos; por último la actividad enzimática crece rápidamente, debido a la presencia de lípidos y proteínas en el saco vitelino. Por lo que se le puede atribuir un desarrollo precoz de lipasas y enzimas proteolíticas.
- ✓ Además el pollo de engorde recién eclosionado cuenta con carbohidrasas como a α -amilasa y la sucrasa-isomaltasa en la membrana apical del enterocito (Wu, 2017).

Los aspectos anteriores hacen que el desempeño del animal sea eficiente los primeros días de vida, obteniendo así un mejor rendimiento; no obstante se pueden presentar contratiempos que afectan directamente la calidad del pollito, debido a un mal manejo del huevo fértil en la incubadora, lo que acarreará no solo un desempeño pobre en la granja, sino que también se verán resultados deficientes en la planta de procesamiento (Cobb-Vantress, 2013a).

En la incubadora propiamente, algunos defectos de un mal manejo del huevo fértil son: deshidratación, deficiencias en el ombligo, complicaciones bacterianas que causan mortalidad temprana en granja, problemas de patas, y necrosis de la cabeza femoral. La suma de estos inconvenientes se verá reflejada

en pollos desuniformes (Cobb-Vantress, 2013a), bajo peso y tamaño del pollito (Cobb-Vantress, 2013c).

Algunas de las causas de pollito deshidratado son las siguientes (Cobb-Vantress 2013b):

- ✓ Nacidas de pollitos antes de tiempo, que pueden ser provocadas por periodos de precalentamiento muy largos, muchas horas de incubación, sitios muy calientes dentro de la incubadora o una ventilación incorrecta.
- ✓ Huevos grandes, estos toman más tiempo para incubar.
- ✓ El almacenamiento prolonga el tiempo de incubación. En promedio, por cada día adicional de almacenamiento, luego de los primeros 5 días, se adiciona una hora de tiempo de incubación
- ✓ Sobrecargar la incubadora puede crear un sobrecalentamiento.
- ✓ Permitir que los pollitos permanezcan mucho tiempo en la nacedora.

Por otro lado, el inconveniente de una inadecuada absorción de sacos vitelinos también puede ser causado por una exposición a temperaturas superiores a 38.2 °C en el proceso de incubación, y/o una humedad relativa (HR) por encima de 55% en la nacedora (Cobb-Vantress, 2013b). Un saco vitelino con incorrecta absorción repercute directamente en la eficiencia inmunológica del pollito. Igualmente, se atribuye los problemas de patas a las temperaturas de incubación superiores a 39 °C, las cuales reducen las reservas de glucógeno en el músculo dando como resultado microfibras más delgadas (Cobb-Vantress, 2013c).

Con respecto al tamaño y peso del pollito, se indica que el huevo que ha sido expuesto a un sobrecalentamiento, tendrá un tamaño y peso menor comparado con un huevo que no haya sido sobrecalentado (Cobb-Vantress, 2013b). Además estos pollitos de huevos sobrecalentados presentan daño intestinal, lo cual podría afectar negativamente la absorción de los nutrientes; y debido a esto a los 35 días de edad, estos pollos podrían pesar hasta 60 g menos

en contraste a los pollos que no sufrieron un sobrecalentamiento en el proceso de incubación y, fueron mantenidos en condiciones adecuadas (Aviagen, 2011a). Igualmente, el sobrecalentamiento afecta la osificación y elongación ósea del feto, produciendo huesos más cortos y por lo tanto afectando su tamaño (Cobb-Vantress, 2013c).

Adicionalmente se afirma que los periodos de almacenamiento mayores a 14 días afectan el peso final del pollito, debido a la pérdida de humedad en el huevo durante ese periodo (Cobb-Vantress, 2013c). De la misma manera, la incubabilidad se puede reducir debido al almacenamiento. Los huevos almacenados entre 7 y 12 días luego de la postura reducen 0,5% la incubabilidad, luego del día 12 disminuye 1,8% por cada día extra de almacenaje (Aviagen, 2010).

El buen manejo del proceso de incubación dará como resultado pollitos de primera calidad. Dicho resultado se expresa como un porcentaje de todos los huevos incubados, el cual se conoce como incubabilidad, esta puede verse influenciada por diversos factores en la granja de producción como por ejemplo: la nutrición de la reproductora, actividad de apareamiento, daños en el huevo, higiene y almacenamiento del huevo (Cobb-Vantress, 2013b).

En cuanto al pollo de engorde, existen estándares de clasificación para la calidad de pollitos, los de primera calidad se presentan activos, fuertes y alertas, al voltearse sobre sus espaldas tienen la capacidad de levantarse rápidamente; además son aves con los ojos brillantes, un color amarillo fuerte, el ombligo completamente cerrado y no presentan ninguna deformidad en el pico, cabeza o cuerpo (Cobb-Vantress, 2013c).

1.2.2. Nutrición

Los requerimientos nutricionales de los pollos de engorde varían según la edad en la que se encuentra el animal. Las raciones y los periodos en los que estas se ofrecen responden a consideraciones según el peso corporal deseado, la composición nutritiva de la dieta, el tipo de ingredientes, características propias de

la granja y su sistema de alimentación, así como el medio ambiente (Nilipour, 2011). Se debe tomar en cuenta los requisitos ambientales, puesto que también afecta el desempeño de las aves, como por ejemplo, a mayores temperaturas ambientales hay menor consumo de alimento, por lo que se debería aumentar la densidad de los nutrientes en la dieta (Nilipour, 2009).

Estos requerimientos de nutrientes disminuyen conforme aumenta la edad del animal. Las dietas de inicio, crecimiento y desarrollo o terminación son las más utilizadas, sin embargo entre mayor sea el número de dietas utilizadas, mayor será el rendimiento de los pollos, ya que estará más cerca de cumplir con los requerimientos nutricionales (los cuales cambian continuamente) (Cobb-Vantress, 2005). A modo de ejemplo, en el Cuadro 3 se muestran los requerimientos nutricionales de los pollos de engorde de la línea genética Cobb 500.

Las dietas en pollos de engorde están formuladas para proveer los nutrientes esenciales a fin de obtener una buena salud y una producción eficiente, siendo el agua, los aminoácidos, la energía, las vitaminas y los minerales los componentes básicos requeridos por las aves (Cobb-Vantress, 2013e).

Estos nutrientes provienen generalmente de subproductos industriales, ya sea de industrias vegetales, de aceites, de plantas de cosecha o de la industria de la panificación. Algunos de estos subproductos son: el acemite, el salvado, el salvadillo de trigo, DDGs (granos secos de destilería con solubles), harina de plumas, harina de maíz y de soya (Alpízar-Bonilla, 2012).

Sin embargo, existen algunos inconvenientes con las materias primas utilizadas para la elaboración de la alimentación avícola como: la presencia de polisacáridos no amiláceos (PNA) y las micotoxinas, el detrimento en la digestibilidad de los aminoácidos provocado por exceso de calor, producto de su elaboración; además su calidad nutricional suele presentar una gran variabilidad en su composición química, por lo que se incursiona en una nutrición de precisión (Alpízar-Bonilla, 2012). La nutrición de precisión busca brindar a las aves un balance preciso de nutrientes que cubra con todos los requerimientos

nutricionales, sin incurrir en déficit o exceso, mejorando así la productividad de los animales, aumentando la rentabilidad de la granja y, contribuyendo a un medio ambiente más limpio (Salguero et al., 2011).

Cuadro 3. Recomendaciones nutricionales, consumo y periodo para los pollos de engorde en diferentes etapas

		Iniciador	Crecimiento	F 1	F 2
Cantidad alimento/ave	(g)	180	700	1350	
Periodo alimentación	(días)	0-8	9-18	19 - 28	> 29
Proteína Cruda	(%)	21-22	19-20	18-19	17-18
Energía Metabolizable					
	Kcal /kg	2975	3025	3100	3150
Lisina digestible	(%)	1,22	1.12	1.02	0,97
Metionina digestible	(%)	0,46	0,45	0,42	0,40
Met + Cis digestible	(%)	0,91	0,85	0,80	0,76
Triptófano digestible	(%)	0,20	0,18	0,18	0,17
Treonina digestible	(%)	0,83	0,73	0,66	0,63
Arginina digestible	(%)	1,28	1,18	1,07	1,02
Valina digestible	(%)	0,89	0,85	0,76	0,73
Isoleucina digestible	(%)	0,77	0,72	0,67	0,64
Calcio	(%)	0,90	0,84	0,76	0,76
Fósforo disponible	(%)	0,45	0,42	0,38	0,38
Sodio	(%)	0,16-0,23	0,16-0,23	0,16-0,23	0,16-0,23
Cloro	(%)	0,16-0,30	0,16-0,30	0,16-0,30	0,16-0,30
Potasio	(%)	0,60-0,95	0,60-0,95	0,60-0,95	0,60-0,95
Ácido linoléico	(%)	1,0	1,0	1,0	1,0

Fuente: Manual de nutrición y rendimiento de pollos de engorde (Cobb-Vantress 2018).

*F1= Finalizador 1 F2= Finalizador 2

Los niveles nutricionales de la dieta se basan en decisiones meramente económicas. Toman en cuenta el costo - beneficio entre la cantidad de alimento brindado a las aves y el peso vivo obtenido al final del ciclo productivo; siendo necesario el aumento de los niveles de aminoácidos digeribles y de energía en la dieta para lograr los rendimientos esperados (Aviagen, 2014). No obstante, el aumento en los niveles de nutrientes para obtener rápidas ganancias de peso, puede provocar diversas afecciones como lo es el síndrome de toxicidad grasa. El cual se manifiesta cuando las raciones contienen altos niveles energéticos proporcionados por las grasas (Stuart, 1990).

Para el metabolismo de los ácidos grasos es necesario una mayor cantidad de oxígeno en comparación con las proteínas y los carbohidratos. Dado esto y al excedente de lípidos en la dieta, el cuerpo del ave demandará mucho más oxígeno para su adecuado metabolismo. Esto desfavorece en el aumento de los problemas ascíticos y cardíacos (Stuart, 1990).

Aditivos en la nutrición: enzimas exógenas

Los aditivos son sustancias que se colocan intencionalmente en los alimentos de los animales y promueven la eficiencia en la utilización de los nutrientes, mejoran la eficacia en la producción animal, y por ende en la rentabilidad de las granjas (Wu, 2018). Dentro de la gran variedad de aditivos que existen se encuentran las enzimas; moléculas que realizan funciones de catabolismo (Garrido-Pertierra et al., 2006). De acuerdo con Ravindran (2010), la industria avícola es uno de los mayores consumidores de enzimas exógenas utilizadas en la alimentación animal.

Algunos aditivos son agentes promotores de crecimiento, otros son enzimas digestivas, ayudando así a reducir la salida de nutrientes no digeridos y, los productos de fermentación microbial como amonio o urea. Existen otros aditivos nutricionales como los aminoácidos, vitaminas y minerales, además de aditivos no nutricionales como: absorbentes de micotoxinas, absorbentes de humedad,

pigmentantes, entre otros. Por otro lado, hay aditivos como probióticos y prebióticos (Ravindran 2010).

Una de sus tantas aplicaciones es, por ejemplo, cuando se utilizan materias primas con altos contenidos de polisacáridos no amiláceos (PNAs), los cuales producen viscosidad en el TGI impactando la digestión y absorción de nutrientes, por lo que existen las carbohidrasas como: β -glucanasas y hemicelulasas o pentosanasas, que ayudan a contrarrestar este efecto (Soto, 2012). En los últimos años algunas enzimas termoestables han sido producidas utilizando bacterias hipertermófilas a través de ADN recombinante, dentro de estas se pueden incluir las xilanasas, las fitasas, las endoglucanasas y, las celubiohidrolasas (Fakruddin, 2017).

Las enzimas exógenas actúan sobre un sustrato específico, la respuesta de los animales dependerá, entre otros factores, de su fuente y bioactividad, de la edad, la salud y estructura digestiva del animal, de los ingredientes de la dieta y sus interacciones, además de la composición nutricional, igualmente de la cantidad de factores anti nutricionales; y del ambiente en el cual los animales estén alojados y alimentados (Wu, 2018).

Actualmente existe en el mercado una nueva enzima llamada muramidasa, esta procura controlar la descomposición de patógenos en el intestino, eliminando los fragmentos de peptidoglicanos (PGNs) de la pared celular de las bacterias muertas. Esta muramidasa busca la optimización de la funcionabilidad gastrointestinal, mejorando la eficiencia productiva, la digestibilidad y el aprovechamiento del alimento, además de alcanzar un incremento en el peso de los animales, por lo que resulta necesario su validación en campo (Industria Avícola, 2018). En el Anexo 1 y 2 se encuentra más información sobre la muramidasa, lugar de acción y bacterias.

Alimentación

El buen manejo en la alimentación asegura la correcta nutrición del pollo desde sus primeros días de vida. Es recomendable para el recibo de pollito

colocar papel para cubrir al menos un 50% del área del piso y sobre este agregar alimento; la cantidad de alimento agregado sobre el papel deberá ser de 50 g por pollito, además del alimento contenido en los comederos automáticos e infantiles. Se debe tomar en cuenta que los comederos infantiles deben activarse de manera manual para estimular el consumo (Cobb-Vantress, 2013c). También se debe considerar que el alimento los primeros días de vida debe proporcionarse en forma de migajas (Aviagen, 2009b).

Idealmente, al recibo, una gota de agua debe ser visible en la punta del nipple para fomentar el consumo de agua, para lo cual se debe bajar la presión del sistema de bebederos durante las primeras horas y luego se debe retornar a una presión más alta para evitar el inconveniente de camas húmedas (Cobb-Vantress, 2013c). El nipple debe estar a la altura de los ojos durante las primeras 48 horas, luego deben beber agua a un ángulo de 45 grados, posteriormente a 75 grados. En cuanto a cantidad de nipples, se debe contar con un nipple para cada 100 pollitos del día 1 al día 7 (Cobb-Vantress, 2008). En las últimas semanas de producción la razón de nipples por aves es de 12 aves/nipple (Aviagen, 2009b).

De acuerdo con Nilipour (2011) existen varias prácticas en el manejo de los alimentos, para su escogencia se debe tener presente las características propias de cada granja. Estas prácticas de manejo son enlistadas a continuación.

- ✓ Alimentación *ad libitum*: el sistema consiste básicamente en tener alimento disponible en todo momento durante todo el ciclo productivo, sin luz en la noche. Es un método fácil y no requiere de mucho equipo o automatización.
- ✓ Alimentación convencional: es igual que el sistema *ad libitum* a diferencia que hay 23 horas de luz por día a lo largo de la vida del pollo, por esta razón se considera un sistema bastante práctico.
- ✓ Alimentación restringida: se utiliza equipo automático en la que los comederos se encienden y se apagan a ciertas horas del día.

- ✓ Alimentación de noche con luz intermitente: cada dos o tres horas se encienden las luces por la noche durante 1 o 2 horas. Esto permite que se digiera el alimento con calma, lo que mejora la absorción de nutrientes.
- ✓ Alimentación de luz intermitente reducida: con este método se encienden los comederos y las luces pero con baja intensidad, conforme se van llenando los comederos las aves comienzan a consumir y la intensidad de la luz se incrementa paulatinamente. Al ir finalizando el periodo de alimentación se vuelve a reducir la intensidad de la luz.
- ✓ Brindar alimento de menor densidad: con este sistema los pollos tienen un menor peso, tienen mejor CA, pero más pollos llegan al mercado debido a que hay menos mortalidad en granja.
- ✓ Restricción a edad temprana: se utiliza al principio del periodo de crecimiento y luego se regresa al sistema *ad libitum*, con una dieta balanceada que compensa su crecimiento con una mejor conversión.
- ✓ Alimentación separada por sexos: se utiliza para lograr pesos específicos requeridos por el consumidor, lo cual es difícil lograr cuando se alimentan juntos machos y hembras, ya que las hembras necesitan dietas con un menor porcentaje de nutrientes.

1.2.3. Manejo general en granja

Un mal manejo de los animales conlleva a estrés, y el estrés no solo conlleva a cambios de comportamiento en los animales, sino también a perturbaciones fisiológicas y metabólicas, las cuales dan lugar a impedimentos patológicos con pobres rendimientos zootécnicos (Ordoñez et al., 2016).

Crianza, crecimiento y terminación

Como parte de un buen manejo es necesario el monitoreo de parámetros durante el ciclo productivo, como por ejemplo la mortalidad acumulada a los 7 días de vida el pollito, la cual debe ser menor a un 1%. También el incremento de su

peso inicial debe ser entre 4 - 5 veces su peso inicial, con ello se orienta hacia un resultado óptimo al final del ciclo (Cobb-Vantress, 2013c).

El objetivo primordial del manejo durante las primeras horas posteriores al recibo en la granja es conseguir el mayor consumo de alimento y de agua, fallar en este rubro compromete el desempeño del lote (Cobb-Vantress, 2013c). Para verificar el cumplimiento del objetivo, se debe realizar el chequeo de buches, si las aves encontraron agua y alimento el buche debe ser moldeable, si se palpa muy suave solamente han encontrado agua y, si está duro solamente han encontrado alimento (Aviagen, 2014). En el Cuadro 4 se muestra una guía, con el porcentaje de aves que deben tener buche lleno.

Cuadro 4. Guía para la evaluación de buche, tiempo estimado para la revisión y porcentaje de aves con buche lleno

Tiempo transcurrido luego del recibo (horas)	Pollitos con el buche lleno (%)
2	75
3	80
8	>80
12	>85
24	95
48	100

Fuente: Manual de manejo de pollo de engorde: manejo del pollito (Aviagen, 2014).

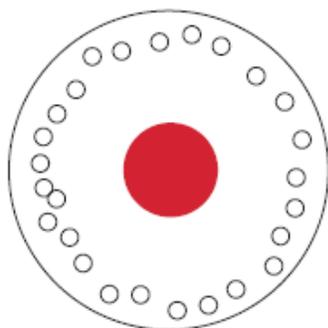
De la misma manera se debe dar seguimiento al comportamiento de las aves, este da indicios sobre el confort de la parvada. Algunas de las razones por las cuales se puede observar comportamiento de frío son: baja temperatura de la cama, esta debe ser entre 28 - 30 °C el día del recibo (Aviagen, 2009b), desniveles en el grosor de la cama provoca fluctuaciones en la temperatura de la

misma. Además, la cama debe estar distribuida uniformemente para permitir la buena movilidad en especial del pollito joven y asegurar así el acceso a los niples. (Cobb-Vantress, 2008).

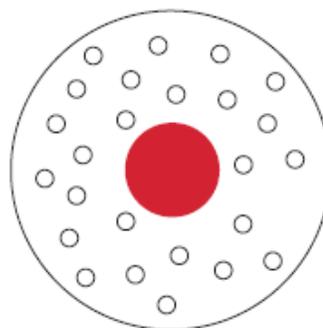
Otro punto importante es el grosor de la cama, esta debe tener entre 7,5 - 10 cm de grosor para evitar la pérdida de calor (Cobb-Vantress, 2008). Puesto que el pollito tiende a perder calor a través de sus patas (Cobb-Vantress, 2013c). Los aspectos anteriores deben ser tomados en cuenta debido a que, los pollitos no tienen la capacidad de regular la temperatura corporal durante los primeros 5 días de vida y, esa aptitud se desarrolla por completo hasta la segunda semana de edad (Cobb-Vantress, 2008).

Asimismo, se puede observar comportamiento de calor cuando la temperatura ambiental del galpón se encuentra por encima de los requerimientos para la edad en la que se encuentra el ave. En la Figura 1 se muestra el comportamiento de los pollitos debajo de las criadoras luego del recibo en granja (Aviagen, 2009b). De igual manera se puede observar otros comportamientos como por ejemplo jadeo, pollos estirando las patas, escarbando la cama y estirando las alas; estos son mecanismos para la disipación de calor por evaporación, conducción y convección, respectivamente (Estrada-Pareja et al., 2007).

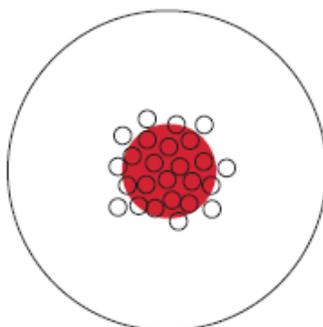
Por otro lado, se debe tomar en cuenta que el bienestar animal es un factor de vital importancia; no solamente se está en la obligación de brindar alimento, agua y cuidados básicos a los animales, sino que también es necesario asegurar la calidad del aire, calidad de las plumas, y calidad de la cama para evitar lesiones plantares.



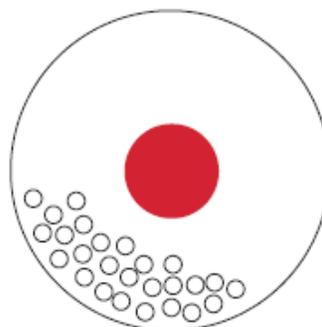
Temperatura demasiado alta
Los pollos no hacen ruido, jadean, tienen la cabeza y las alas caídas y se mantienen lejos de la criadora.



Temperatura correcta
Los pollos se distribuyen homogéneamente y su nivel de ruido indica que están cómodos.



Temperatura demasiado baja
Los pollos se aglomeran debajo de la criadora y sus ruidos indican la falta de confort.



Corriente de aire
Esta distribución requiere investigación, pues puede indicar corriente de aire, distribución dispereja de la luz o ruidos externos.

Figura 1. Distribución de las aves bajo las criadoras luego del recibo

Fuente: Arbor Acres (2009)

La lesión plantar o pododermatitis es un proceso inflamatorio que no solo implica un problema a nivel de bienestar animal, sino que también trae consigo repercusiones económicas, puesto que genera un aumento de la mortalidad y del índice de conversión; así como una disminución de la calidad del producto final (Barger, 2016). La pododermatitis es el resultado del contacto prolongado de la

piel plantar con una cama en mal estado, que se encuentra mojada o húmeda. Inicialmente, se observan costras de color negro, inflamación en la piel de la almohadilla plantar y los dedos, dando lugar a una hiperqueratosis (engrosamiento del tejido de la almohadilla plantar); posteriormente aparecen lesiones ulcerativas que provocan molestias, cojeras y aumento de infecciones bacterianas secundarias en los pollos (Barger, 2016).

A continuación se muestran los factores que impactan negativamente la calidad de la cama, provocando su humedecimiento (Aviagen 2014).

- ✓ Calidad de la proteína: la suplementación de un nivel no adecuado de proteína o de mala calidad resulta en la acumulación de altos niveles de ácido úrico en el hígado, que luego es excretado por los riñones, esto estimula el consumo de agua, lo que resulta en heces más acuosas y por ende en cama húmeda.
- ✓ Minerales: los balances incorrectos en las dietas de las aves en cuanto a sodio, potasio y cloro, pueden causar diarreas.
- ✓ Digestibilidad de la materia prima: el uso de materia prima poco digestible o alta en fibra, aumenta la cantidad de agua excretada o resulta en camas grasosas y pegajosas.
- ✓ Además, el mal manejo del ambiente controlado, alta densidad poblacional, profundidad insuficiente de la cama o el mal manejo de bebederos.
- ✓ El alimento de mala calidad física, o con altos niveles de finos y polvo, puede aumentar la proporción de consumo agua: alimento, lo que puede resultar en camas húmedas.

Por otra parte, la correcta densidad de población es esencial para un exitoso sistema de producción de pollo de engorde, dado que asegura el bienestar animal y favorece un adecuado rendimiento. Para determinar la densidad se debe tomar en cuenta el clima y tipo de instalación con la que se cuenta, por ejemplo,

en un sistema de galera abierta con ventiladores la densidad debe ser de 30 kg/m²; para galpón abierto con presión positiva 35 kg/m² y, para una galera con pared sólida, de túnel y panel evaporativo se puede considerar 42 kg/m² (Cobb-Vantress, 2013e).

Temperatura, HR, velocidad del viento, e iluminación.

Un ambiente con aire fresco, adecuada intensidad de luz y una temperatura óptima estimula el consumo de alimento y de agua, generando crecimientos afines con su potencial genético (Miranda-Guzmán, 2017). Una buena ventilación impide la acumulación de polvo y amoníaco, además de mantener las camas secas (Ordoñez et al., 2016). Asimismo, el buen manejo de todos los factores climáticos es tomado en cuenta para determinar el bienestar animal (Barger, 2016).

Temperatura

Durante los primeros días de vida, una de las principales preocupaciones es mantener a la parvada con la temperatura adecuada (Aviagen, 2009b). La temperatura del aire debe mantenerse entre 30 - 32°C y esta debe ser medida a la altura del pollo, conforme las aves crecen, la temperatura necesaria para mantenerse confortables baja, de manera que la última semana del ciclo productivo las aves se sentirán más confortables con temperaturas alrededor de los 20 - 21°C (Aviagen, 2009b). El perfil objetivo de temperaturas se muestra en el Cuadro 5.

Se debe tomar en cuenta que la temperatura corporal de un pollo es aproximadamente 41°C. Cuando la temperatura ambiental rebasa los 35°C, es probable que el pollo sufra de estrés por calor (Aviagen, 2009b; Aviagen, 2014). Bajo esas circunstancias el ave hace uso de diferentes mecanismos para disipar el calor como: la convección, el enfriamiento evaporativo (Cobb-Vantress, 2002) la radiación y, la conducción (Aviagen, 2009b; Estrada-Pareja et al., 2007; Sanmiguel-Plazas y Díaz-Ávila, 2011).

Cuadro 5. Guía de temperatura óptima de alojamiento para pollo de engorde desde el día 0-35 días de edad, con rangos de humedad relativa entre 60-70%

Edad (días)	*Temperatura 30 semanas o menos (°C)	**Temperatura más de 30 semanas (°C)
0	34	33
7	31	30
14	27	27
21	24	24
28	21	21
35	21	21

Fuente: Adaptado de Cobb-Vantress, 2013; Cobb-Vantress, 2008; Cobb-Vantress, 2002; Aviagen, 2009a

* Temperatura para pollitos de reproductoras de 30 semanas o menos

** Temperatura para pollitos de reproductoras de más de 30 semanas

Referente a la convección, las aves transfieren directamente el calor de su cuerpo hacia el aire, cuando el aire pasa a través de ellas recoge su calor corporal y lo transfiere al ambiente (Aviagen, 2009a). Por otro lado, la radiación transfiere el calor del cuerpo más caliente al más frío, debido a las ondas infrarrojas o calóricas, por ejemplo las paredes, y el aire (Villa, 2009). Cuando la temperatura ambiental es alta, el ave incrementa la vasodilatación en zonas desprovistas por plumas y, de ese modo aumenta la disipación de calor por radiación, conducción y convección (Barragán-Cos, 2004). La conducción ocurre cuando el ave pierde su calor corporal colocando su cuerpo contra superficies más frías como la cama, cercas antimigratorias, entre otros (Estrada-Pareja et al., 2007).

El enfriamiento evaporativo en general hace uso del jadeo, la respiración y la sudoración. Tomando en cuenta que las aves no sudan, no pueden hacer uso de este tipo de sistema de enfriamiento, pero sí pueden obtener efecto de enfriamiento evaporativo a través de la respiración, incremento en la frecuencia respiratoria y el jadeo; no obstante dependen principalmente de la convección para enfriarse. El jadeo permite a los animales controlar su temperatura corporal por medio del mecanismo evaporativo del agua, haciendo uso de las superficies respiratorias y los sacos aéreos (Aviagen, 2009a, Aviagen, 2002).

El mecanismo de enfriamiento evaporativo utiliza energía, esta energía que es utilizada para el enfriamiento del cuerpo, se deja de utilizar para el crecimiento del ave. Por lo que es necesario mantener los animales en su zona de confort térmico para obtener los rendimientos esperados, puesto que el consumo de alimento disminuye hasta en un 1% por cada grado centígrado que se eleve la temperatura por encima de la temperatura termoneutral. Cada etapa del desarrollo tiene su zona de confort térmico, que a su vez tiene una zona de rendimiento óptimo (entre 1,0 a 1,5°C), en la que el ave utiliza mejor la energía para crecer, ver Figura 2 (Aviagen, 2009a; Cobb-Vantress, 2005).

El enfriamiento con panel evaporativo se utiliza cuando el comportamiento de las aves indica que el efecto del enfriamiento por viento no logra mantener a las aves confortables (Aviagen, 2014). El enfriamiento con panel evaporativo se utiliza principalmente en climas calurosos, donde las temperaturas son superiores a 27°C. Este sistema de enfriamiento ayuda a mejorar las condiciones ambientales dentro de los galpones, aumentando la eficiencia de la ventilación de túnel. En la ventilación forzada con panel evaporativo, el aire caliente fuera del galpón pasa por el panel evaporativo para ser enfriado, luego este aire se distribuye a lo largo y ancho de la galera (Aviagen, 2013).

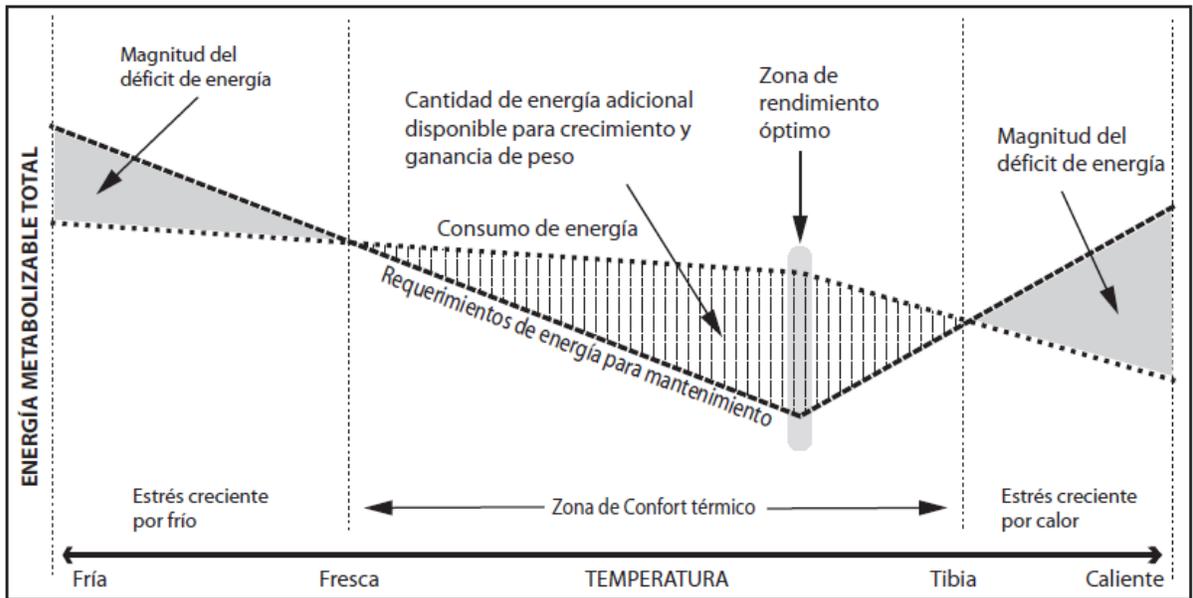


Figura 2. Zona confort térmico con ambiente controlado en un galpón

Fuente: Aviagen, 2009a.

De tal forma que con una temperatura de 36 °C, una HR de 50%, y haciendo uso el enfriamiento con panel evaporativo, provoca que la temperatura del galpón disminuya a 28 °C y, con una velocidad de 2 m/s, se generará una temperatura efectiva 22 °C (Cobb-Vantress, 2002). Por lo cual es de suma importancia observar el comportamiento de las aves para determinar si tienen frío o calor (Aviagen, 2013; Aviagen, 2009a). En el Cuadro 6 se muestra el efecto de diferentes velocidades de viento sobre la temperatura efectiva

En relación con el confort término, la temperatura real que sienten las aves durante la ventilación de túnel se conoce como la temperatura efectiva. La temperatura efectiva es el resultado de la combinación de múltiples factores como: la edad del ave, la velocidad del aire, la temperatura de bulbo seco (temperatura real del aire), la HR (Aviagen, 2013; Aviagen, 2009a) y, la densidad poblacional (Aviagen, 2014).

Cuadro 6. Efecto del factor viento a diferentes temperaturas de aire y velocidades del aire

Velocidad del aire (m/s)	Efecto estimado de sensación térmica con temperatura menor 32 °C	Efecto estimado de sensación térmica con temperatura mayor 32 °C
1.0	-2.0	-0.5
1.5	-4.0	-2.0
2.0	-5.5	-2.5
2.5	-6.0	-3.0

Fuente: Cobb Vantress, 2002.

Humedad Relativa

Se puede definir la HR como, lo cerca que se encuentra el aire de su máxima saturación con vapor de agua, en otras palabras, que tan cerca está de retener toda el agua que pueda. Por ejemplo, si el aire retiene la mitad de su máxima capacidad de vapor de agua se dice que tiene una HR del 50% (Aviagen, 2009a).

Asegurar una adecuada HR es esencial para la salud, para el estímulo del apetito en las aves, y lograr así un excelente desempeño en pollo de engorde, por lo que debe monitorearse frecuentemente. Se recomienda una humedad relativa entre 60 a 70% durante el ciclo de producción, sin embargo debido a la relación que existe entre la temperatura y la HR, hay tablas preestablecidas con temperaturas de bulbo seco requeridas para lograr temperaturas aparentes que sean equivalentes ante diferentes niveles de HR (Aviagen, 2009b).

Dada esta relación, conforme la HR se va elevando, también aumenta la temperatura aparente o efectiva en los pollos. Bajo estas condiciones se va reduciendo la pérdida de calor por enfriamiento evaporativo, el jadeo se torna

menos efectivo; si se mantienen estas condiciones de temperatura y HR alta durante períodos prolongados, se reduce el consumo de alimento, se aumenta la temperatura cloacal, la frecuencia respiratoria y, se disminuye la oxigenación en la sangre (Aviagen, 2009a).

Además, al aumentar la temperatura del aire, este aumenta la cantidad de humedad que puede retener, lo que significa que, el aire caliente puede absorber más humedad presente en la cama y asimismo la humedad proveniente de la respiración de las aves. Por otro lado, si hay aire frío con elevada HR, al calentar el aire se disminuiría la HR (Aviagen, 2009a).

Ventilación: velocidad del viento

La ventilación ayuda a mantener las temperaturas dentro de la zona de confort, proporciona buena calidad del aire al eliminar los gases nocivos y mantiene la HR dentro del rango apropiado. La velocidad del viento se puede manipular con las entradas de aire y junto con la capacidad y cantidad de extractores utilizados (Aviagen, 2009b). Existen velocidades de viento ya establecidas para las diferentes edades de las aves (ver Cuadro 7), debido a que en la medida que crecen los pollos consumen más oxígeno, producen más gases de desecho, calor y vapor de agua (Aviagen, 2014).

Durante los primeros días de vida se requiere una ventilación sin corrientes de aire fuertes para evitar que las aves sientan frío, pero esta corriente debe ser la suficiente para permitir un intercambio de aire y prevenir la acumulación de gases dañinos dentro de la galera. Para el resto del ciclo productivo se requiere adecuar la ventilación para que las aves se sientan frescas y de igual manera se les brinde buena calidad de aire, con un porcentaje de oxígeno adecuado (Aviagen, 2014).

Cuadro 7. Velocidad máxima de aire en diferentes días del ciclo productivo del pollo de engorde

Edad (días)	Metros por segundo	Pies por minuto
0-14	0.3	60
15-21	0.5	100
22-28	0.875	175
+ 28	1.75-3.0	350-600

Fuente: Guía de manejo para pollo de engorde (Cobb-Vantress, 2013).

Se debe tomar en cuenta evitar el uso de cercas antimigratorias sólidas, pues restringen el flujo del aire, de ser necesario se deben utilizar cercas antimigratorias tipo maya que permitan el paso de las corrientes de aire (Aviagen, 2009b), para obtener al menos 19,6 % de oxígeno en el aire (Aviagen, 2014).

A continuación se enlistan los parámetros óptimos en relación con la calidad del aire y los efectos más significativos de los contaminantes (Aviagen 2014; Aviagen, 2009a).

- ✓ Polvo aspirable: < 3,4 mg/m³. Daña la mucosa del tracto respiratorio y aumenta la susceptibilidad a enfermedades.
- ✓ Dióxido de carbono: < 3000 ppm. Es un gas inodoro, generado por los mismos animales durante la respiración, cuando a niveles < 3500 ppm los tejidos como la cresta y las barbillas adquieren un color oscuro, es uno de los causantes de ascitis, niveles más elevados suelen ser fatales.
- ✓ Monóxido de carbono: < 10 ppm. Es un gas inodoro, el cual se origina por una inadecuada combustión de los sistemas de calefacción y, se agrava por una mala ventilación. Niveles de > 50 ppm afecta la salud del ave, puesto que el monóxido de carbono compite con el oxígeno por los sitios de unión con la hemoglobina, esto afecta la capacidad de la hemoglobina para transportar oxígeno en la sangre hacia los tejidos.

- ✓ Amoníaco: es producido principalmente por la degradación bacteriana de la pollinaza, es considerado como un estresante crónico, el ave incrementa la secreción de moco para así diluir el amoníaco, provocando una respiración poco profunda, y una constricción bronquial, debido al incremento a la resistencia del paso del aire. Las emisiones de amoníaco se pueden reducir mediante la minimización de los niveles excesivos de proteína bruta en el alimento (Aviagen, 2014).

Con niveles cercanos a 10 ppm se deteriora la superficie pulmonar; niveles cercanos 20 ppm por más de 3 minutos incrementan la susceptibilidad a enfermedades respiratorias; y niveles de 25 ppm pueden reducir la tasa de crecimiento dependiendo de la edad y la temperatura. Niveles entre 46 - 102 ppm durante 12 horas producen daños a los ojos y deshidratación.

Iluminación

Los programas de iluminación crean espacios para el descanso y la actividad, permitiendo establecer patrones naturales de crecimiento, desarrollo y comportamiento, asimismo permite mejorar el consumo de alimento y bienestar del ave. Estos programas de iluminación toman en cuenta la duración del fotoperiodo, longitud de onda e intensidad de luz (Aviagen, 2014). Los programas de luz están fijados de acuerdo al peso deseado al momento del sacrificio, ver Cuadro 8 (Cobb-Vantress, 2013).

Las aves durante el período de iluminación se alimentan y llenan su buche con anterioridad al período de oscuridad. Después de comer, el tiempo normal de paso del alimento por el tracto digestivo es de 4 horas; por lo que, la exposición a más de 6 horas consecutivas de oscuridad puede desencadenar conductas de nerviosismo cuando se encienden las luces, tales como rasguños en la piel, lo que conlleva a decomisos, además que se reduce el grado de calidad de la canal en la planta de procesamiento (Aviagen, 2013).

Cuadro 8. Programa de luz estándar para aves con menos de 2,5 kg de peso al sacrificio

Edad (días)	Horas de oscuridad	Cambio de hora
0	0	0
1	1	1
100-160 (g) a 5 días antes sacrificio.	6	5
5 días antes del sacrificio	5	1
4 días antes del sacrificio	4	1
3 días antes del sacrificio	3	1
2 días antes del sacrificio	2	1
1 días antes del sacrificio	1	1

Fuente: Guía de manejo para pollo de engorde (Cobb-Vantress, 2013).

Durante los primeros 7 días de vida se debe proporcionar 23 horas de luz con una intensidad de 30 a 40 lux, con el fin de ayudar a las aves a adaptarse al ambiente del galpón, además de promover el consumo de alimento y agua; luego esa intensidad de luz debe bajar a 5 - 10 lux, para obtener un aumento en la productividad y salud del ave (Aviagen, 2009b). El cambio en la intensidad de la luz debe ser gradual (2 - 3 días) con una distribución uniforme dentro del galpón (Aviagen, 2014).

Ayuno de las aves

El objetivo del ayuno en los pollos es que las aves lleguen a la planta de procesamiento en condiciones óptimas, manteniendo los requerimientos de bienestar animal y los requisitos de procesamiento (Aviagen, 2014).

El tiempo adecuado de retiro del alimento desde la elevación de comederos hasta el sacrificio debe ser de entre 8 a 12 horas; en el caso del agua, esta debe permanecer disponible todo el tiempo posible, al menos 2 horas después de retirar el alimento (Cobb-Vantress, 2013a). Por lo que se debe mantener un adecuado

manejo tomando en cuenta: tiempo de captura, de transporte y de espera en el andén. Utilizando la siguiente ecuación (Aviagen, 2014).

.Periodo de retiro de alimento = tiempo en el galpón sin alimento + tiempo de captura + tiempo de transporte + tiempo de espera en el andén.

Para la determinación de un adecuado ayuno, en la planta de procesamiento se realiza la inspección de molleja, buche e intestinos, por lo que la presencia de heces acuosas, sustancias fluidas en el intestino delgado, material de cama en el buche y/o la molleja son indicadores de que se excedió el tiempo de retiro más de 12 horas. Por otro lado la presencia de alimento en el buche mayor a 15 g o de contaminación fecal en la planta de procesamiento son señales de que el período de retiro del alimento fue menor de 8 horas (Aviagen, 2014).

Las aves deben tener acceso ilimitado al agua, hasta el momento de la captura, de no ser así, pueden deshidratarse, además de reducir la velocidad de eliminación de los contenidos del TGI (Aviagen, 2014). Si el TGI no se vacía por completo antes del sacrificio puede causar cálculos imprecisos sobre el peso corporal del ave. Además de provocar contaminación fecal y microbiana de las canales en la planta de procesamiento; y si el tiempo de retiro es excesivo se produce una pérdida adicional innecesaria de peso corporal, lo cual afecta el valor del ave y el bienestar animal (Aviagen, 2009b, Aviagen, 2014).

Con respecto a la pérdida de peso en las aves luego del ayuno, se ha demostrado que, cuando el intestino está completamente vacío, las aves tienden a perder entre 0,1 y 0,5% de su peso corporal por hora, y esa pérdida de peso va a depender de varios factores como son (Aviagen, 2014):

- ✓ La edad del ave: las aves de mayor edad pierden más peso que un ave joven.
- ✓ El sexo del ave: los machos tienden a perder más peso con respecto a las hembras.

- ✓ Temperatura del galpón: la pérdida de peso es mayor en condiciones extremas de temperatura, ya sean altas o bajas temperaturas.
- ✓ Interrupción de los patrones de alimentación antes del retiro del alimento: esto conduce a una variación en el contenido del intestino y, por lo tanto, en la pérdida de peso entre las aves.
- ✓ Tiempo de transporte: mientras más tiempo pasen las aves en los camiones de transporte, mayor es la pérdida de peso.
- ✓ Temperatura durante la espera: las temperaturas elevadas causan una mayor pérdida de peso.

Atrape

La captura de las aves puede ser causante de estrés si se realiza inadecuadamente. Además ocasiona la clasificación de canales con un menor grado de calidad; por lo que, esta actividad se debe realizar con sumo cuidado y debe ser planeada con anticipación (Aviagen, 2009b). Si no se supervisa correctamente la captura de las aves, ésta puede causarles daños a las aves por moretones, magulladuras, fractura de alas y hemorragia interna en los muslos (Aviagen, 2014).

Como primer punto de preparación para el atrape, se debe tomar en consideración que las aves deben recibir mínimo de 23 horas de luz durante 3 días antes de la captura, se recomienda una intensidad de la luz entre 5 - 10 lux (Aviagen, 2014). Cuando la captura se hace manualmente, se debe agarrar al pollo con cuidado y por los dos tarsos, o rodeándole el cuerpo, utilizando ambas manos para sostener las alas contra el cuerpo y de esa manera minimizar el estrés y las lesiones. Evitando tomar al ave por el cuello, por las alas, o por los muslos (Aviagen, 2014; Aviagen, 2009b).

Como sugerencia se pueden colocar divisiones para separar a las aves que se encuentren en galpones muy grandes. Así también se evitan las asfixias por aglomeración, y permitir el acceso al agua a todos los animales que no vayan a ser capturados inmediatamente; de preferencia el atrape se debe realizar durante las horas de la noche (Aviagen, 2014).

Igualmente hay tomar en cuenta que las jaulas de las aves nunca se deben llenar demasiado, pues de lo contrario puede haber exceso de calentamiento, estrés y mortalidad; además considerar la reducción del número de pollos por jaula en climas calurosos (Aviagen, 2009b).

1.2.4. La salud en los pollos de engorde

La salud es uno de los aspectos críticos en la producción de pollo de engorde, por lo que se debe implementar programas de control sanitario que incluya: prevención de enfermedades, detección temprana de las mismas y tratamiento adecuado, en caso de detectarse alguna enfermedad (Aviagen, 2009b). La presencia de enfermedades y dificultades en los programas sanitarios hace que ocurran anomalías biológicas, las cuales resultan en la disminución de fertilidad e incubabilidad, mala productividad y, mala calidad del producto final.

La mayoría de los agentes infecciosos son oportunistas, tienen poco efecto sobre aves sanas, pero pueden producir enfermedades severas y mortalidad en aves estresadas por mal manejo, enfriamiento durante las primeras semanas de vida, pobre ventilación, entre otros (Baracho et al., 2006; Ashash y Michael, 2018).

Las enfermedades infectocontagiosas pueden ser causadas por diferentes agentes patógenos como virus, parásitos, hongos y bacterias (Ordoñez et al., 2016). Algunas enfermedades provocadas por virus son: enfermedad de Gumboro, Newcastle, enfermedad de Marek, anemia infecciosa y leucosis linfocítica, entre otras (Ashash y Michael, 2018). Existen otras producidas por eimerias como la coccidiosis; también están las producidas por hongos como la aspergilosis. Por otro lado, entre las enfermedades generadas por bacterias se pueden mencionar,

micoplasmosis aviar, cólera aviar, campilobacteriosis, salmonelosis, coriza aviar, entre otras (Bagust, 2008).

A nivel mundial las enfermedades que más afectan la producción de pollo de engorde son: virus de leucosis aviar, influenza aviar, virus de Newcastle, bursitis infecciosa, salmonelosis, virus de rinotraqueítis, bronquitis infecciosa y enfermedad de Marek (FAO, 2008). En Costa Rica se considera que las enfermedades de mayor impacto son: micoplasmosis aviar, coccidiosis, bursitis infecciosa o enfermedad de Gumboro (Villanueva et al., 2015), ¹además de bronquitis infecciosa y enfermedad de Newcastle. Esta última no es muy recurrente, sin embargo debido a su alta virulencia se realiza inmunización.

Bioseguridad

Para elevar al máximo el rendimiento de la parvada, prevenir y minimizar las enfermedades de las aves, así como las infecciones de interés público, es trascendental el uso de buenas prácticas zootécnicas de bioseguridad (Aviagen, 2009b; Aviagen, 2014), puesto que solamente la vacunación y medicación no son suficientes para mantener saludables a las aves (Clements, 2018).

La producción avícola ha cambiado durante las últimas décadas debido a diferentes circunstancias de mercadeo, en donde la bioseguridad ha jugado un papel sumamente importante. Existen varias herramientas para proteger la salud de la parvada, sin embargo ninguna de esas herramientas puede impedir la transmisión de enfermedades de un ciclo productivo al otro. La única manera de detener la transmisión de enfermedades bacterianas y virales entre ciclos productivos es hacer uso de la bioseguridad e higiene (Clements, 2018).

Se debe tomar en cuenta diversos aspectos para mantener un adecuado control de la bioseguridad, seguidamente se indican dichos rubros (Aviagen, 2002).

¹ Salas, C. 2019. Enfermedades de pollo de engorde más recurrentes en Costa Rica. (Comunicación personal). San Pedro, Costa Rica. Universidad de Costa Rica. Escuela de Zootecnia.

- ✓ Controlar la entrada de personas, alimento y equipo a la granja, para prevenir la introducción de patógenos.
- ✓ Se debe hacer uso de cercas perimetrales para impedir la entrada de personas no autorizadas y animales.
- ✓ Contar con un área definida para que los empleados y las personas que visiten la granja se bañen y realicen el cambio de ropa.
- ✓ Se deben lavar las manos y sumergir las botas en los pediluvios antes de entrar a cada galpón.

Adicionalmente deben ser tomados en consideración los siguientes puntos (Cobb-Vantress, 2005).

- ✓ Proporcionar un sitio para la fumigación de autos en la entrada de la granja.
- ✓ Asegurar que toda el área circundante alrededor de los galpones esté libre de vegetación, basura y equipo no utilizado, el cual pueda alojar plagas.
- ✓ Limpiar el calzado antes de usar el pediluvio, con un cepillo o con manguera para quitar el material orgánico adherido, para evitar la inactivación del desinfectante.
- ✓ El desinfectante para los pediluvios debe ser de amplio espectro y de rápida acción debido al limitado tiempo de contacto.
- ✓ Los sistemas de bebederos deben drenarse y lavarse con un desinfectante, luego nuevamente con agua, antes del empezar un nuevo ciclo productivo.
- ✓ Utilizar un insecticida en los galpones antes del ciclo productivo, esto si los insectos son un problema.

- ✓ Remover el polvo de las instalaciones, además de entradas de aire, cajas de los ventiladores y las partes superiores de las paredes y vigas.
- ✓ Lavar en seco cualquier equipo que no pueda ser humedecido.
- ✓ Las granjas deben estar aisladas de otras explotaciones avícolas y ganaderas (Aviagen, 2009b).
- ✓ Se deben establecer procedimientos para el desecho de aves muertas (Aviagen, 2009b).
- ✓ El proceso de desinfección en los galpones no debe llevarse a cabo hasta que se haya limpiado completamente todo el sitio, se encuentre seco y se hayan realizado todas las reparaciones necesarias (Aviagen, 2014).

1.2.5. Transporte de aves

El transporte de las aves es una actividad inevitable en la producción avícola, esta genera estrés a causa de la perturbación de las condiciones ambientales ya existentes; por lo que es necesario tratar de mantener dichas condiciones ambientales para asegurar una buena calidad de carne y un buen rendimiento (Ordoñez et al., 2016). Se debe prestar atención también la manipulación y descarga en el lugar de destino (Aviagen, 2014).

Al realizar el transporte de las aves se deben elegir las horas más frescas del día, para disminuir el estrés térmico por calor, las asfixias y las pérdidas de peso en los pollos. Una de las recomendaciones es evitar el tráfico saturado para minimizar los frenazos y arranques bruscos. Además el conductor debe respetar una serie de prácticas como lo son: no realizar giros a excesiva velocidad, para evitar caídas y golpes, mantener una velocidad adecuada. Adicionalmente se requiere que el medio de transporte este en buenas condiciones, los neumáticos con la presión adecuada y las suspensiones en buen estado (Ordoñez et al., 2016).

Otro punto importante sobre el transporte, es la densidad de carga en las jaulas. La densidad debe adecuarse a las condiciones climáticas y mantener la comodidad térmica de las aves (OIE, 2018). El Reglamento Sanitario y de Inspección Veterinaria de Establecimientos de Sacrificio y Procesadores de Aves del Ministerio de Agricultura y Ganadería (2013) indica que, la densidad máxima permitida es de 50 Kg por metro cuadrado, las jaulas deben tener la capacidad y espacio para permitir que todas las aves puedan descansar en el piso de dichas jaulas.

Durante el transporte del pollito a la granja de engorde se debe cumplir con ciertos rubros para asegurar el bienestar y calidad del pollito:

- ✓ La temperatura de las cajas plásticas donde se coloca al pollito debe tener una temperatura de 32⁰C (Cobb-Vantress, 2013c).
- ✓ El vehículo debe mantenerse a una temperatura estable de 24 ⁰C (+/- 1 ⁰C), con una humedad relativa mínima (HR) de 50%, recambio de aire 0,71 m³/min por cada 1000 pollitos (Aviagen, 2009b). Debido que los pollitos expuestos a temperaturas superiores a 35 ⁰C por más de 3 horas sufren una mortalidad de 1,55% a los 7 días (Cobb-Vantress, 2013c).
- ✓ Se debe colocar el vehículo en sentido contrario del viento, para reducir el enfriamiento de los pollitos durante la descarga (Cobb-Vantress, 2013c).

En cuanto a tiempos de transporte, la autoridad europea de seguridad alimentaria EFSA (2011) especifica que, los pollos de engorde recién nacidos pueden ser transportados por un máximo de 24 horas siempre que se completen dentro de las 72 horas posteriores a la eclosión; privados de agua y alimento a lo sumo por 72 horas luego de la eclosión.

Lo anterior, basado en el hecho que las reservas metabólicas presentes en el saco vitelino perduran hasta tres días posteriores al nacimiento (Poultry Service Association, 2017; Mitchell, 2009), esto sin demandas termorreguladoras excesivas (Mitchell, 2009). Sin embargo la introducción temprana de alimento y

agua estimula el buen desarrollo intestinal y, un crecimiento óptimo (Poultry Service Association, 2017). Las aves no pierden peso por deshidratación, se promueve la absorción del saco vitelino adaptándose a una nueva dieta de manera más fácil (Nilipour, 2009).

Por otro lado existen preocupaciones ya que las líneas genéticas modernas con altas tasas metabólicas pueden agotar las reservas del saco vitelino más rápidamente que sus predecesoras (EFSA, 2011). De acuerdo con Mitchell (2009) los pollos de engorde modernos tienen una alta tasa metabólica y, rápida utilización de los recursos del saco vitelino en las primeras 24 horas posteriores a la eclosión; estimando que las reservas pueden agotarse por completo entre 8 - 10 horas luego de la eclosión, si el pollo está expuesto a una temperatura de 40 °C. Esto aunado a los retrasos en el transporte y la colocación de los pollitos en granja, dan como resultado un peor rendimiento y peor estado de salud durante toda su vida.

En lo que concierne a la pérdida de peso en el transporte, se debe tomar en cuenta que la pérdida de peso es un indicador de la deshidratación. Sin embargo, también puede atribuirse la pérdida de peso a la excreción de meconio; por lo que es importante luego del transporte determinar el porcentaje de merma, el estado de salud y de deshidratación en el ave (Peebles et al., 2005).

En el estudio realizado por Incharoen et al. (2015) se encontró que la demora al acceso de agua, en un transporte simulado de 24 horas, provocó que los pollitos perdieran más peso corporal, tuvieran un saco vitelino de mayor tamaño; duodeno, yeyuno e íleon de menor tamaño, así como un menor peso a los 7 días, menor ganancia de peso y consumo a los 21 días, en comparación con las aves que tuvieron acceso a un sustituto de agua; sin embargo no hubo diferencias significativas en cuanto a CA a los 21 días.

Otro estudio elaborado por Jacobs et al. (2016), concluyeron que las aves transportadas durante 11 horas obtuvieron un peso corporal y peso de saco vitelino menor que las aves transportadas durante 1,5 horas. Igualmente,

determinaron que la calidad del pollito, la conversión alimenticia (CA) y la calidad de carne no fueron afectados por el transporte de 1,5 ni de 11 horas; la mortalidad en granja tampoco se vió afectada. En otro estudio realizado por Bergoug et al. (2013), no encontraron un efecto claro sobre la mortalidad en las aves transportadas por 4 y 10 horas.

Por otra parte, de Jong et al., (2017) en su meta-análisis confirmaron que los pesos corporales y la ingesta de alimento se redujeron a medida que se alargaba el periodo de privación de agua y alimento después de 24, 48, 72 y 84 horas de la eclosión. Comprobaron que la mortalidad de los 0 - 42 días fue mayor en pollos que tuvieron una privación de agua y alimento luego de la eclosión mayor de 48 horas. La CA se vio afectada negativamente en aves que fueron sometidas a periodos de privación de agua y alimento mayor o igual a 84 horas.

Por otro lado, en dos experimentos conducidos por Khosravinia y Manafi (2016) en donde se negó el acceso al agua y al alimento por 0, 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, y 56 horas luego del nacimiento, a aves con emplume lento y emplume rápido; concluyeron que la pérdida de peso corporal fue mayor a las 56 horas luego del nacimiento y no difirió entre aves de emplume lento y emplume rápido.

1.3. Planta de procesamiento

Las canales de alta calidad solamente se pueden obtener de aves saludables, cuando estas han sido criadas con las mejores prácticas de manejo (Cobb-Vantress, 2013a). Muchos de los factores que influyen la calidad de la carne de pollo pueden ser controlados durante diferentes procesos en la producción, método de cosecha y procesamiento de la carne (Baracho et al., 2006). Luego del procesamiento de la carne, se pueden realizar pruebas de rendimiento cárnico, como una de las maneras de medir el rendimiento de las aves, en estas pruebas de rendimiento cárnico, se determina el peso de la canal y la distribución de ese peso en las diferentes fracciones de la canal (Cobb-Vantress, 2013a).

En la planta de proceso se deben acatar las disposiciones inherentes al bienestar animal antes y durante su sacrificio, como lo son: 1) Evitar sacudidas o movimientos bruscos en el andén y al colocarlas en el dispositivo de suspensión; 2) El material de suspensión no debe tener salientes puntiagudas que puedan herir a las aves; 3) Evitar uso indiscriminado del equipo de aturdimiento, este debe estar en buenas condiciones y adecuadamente calibrado; 4) Si las aves, sus alas o uñas quedan atrapadas en las rejillas de la canastas, los operadores deben asegurarse de liberar suavemente a las aves; 5) Deben contar con protección frente a condiciones climáticas y buena ventilación en el andén (OIE, 2018).

1.3.1. Inspección post mortem

Las plantas de procesamiento cuentan con personal calificado que realizan una inspección de vísceras y canales de las aves para el reconocimiento de condiciones patológicas. Se efectúan inspecciones oculares, olfativas y de palpación, se examina el estado general, eficacia del sangrado, color, olor, estado de las membranas serosas, sacos aéreos y presencia de lesiones (SENASA, 2013).

De acuerdo con SENASA (2013), se debe hacer una revisión de los siguientes aspectos.

- a. Observar las articulaciones para detectar inflamación, exudado o hinchazón que indique sinovitis (inflamación de la articulación).
- b. Retraer la piel de la canal para buscar:
 1. Costras amarillas entre la piel y tejido subcutáneo pueden indicar un proceso inflamatorio.
 2. Exudado de los sacos aéreos, pueden indicar aerosaculitis o masas de tejido pueden indicar tumores.
 3. Agrandamiento de los riñones pueden indicar infección o sepsis temprana.

c. Examinar las vísceras en búsqueda de:

1. Agrandamiento anormal o manchas en el bazo y el hígado que puede indicar leucosis.
2. Exudado amarillo o pálido en corazón y pulmones que pueden indicar aerosaculitis.
3. Hemorragia, congestión e hinchazón de las vísceras, incluyendo los intestinos, que puede indicar sepsis.

d. Observar el exterior de la canal en busca de

1. Lesiones cutáneas que indiquen procesos inflamatorios.
2. Emaciación, un hueso prominente de las quilla, piel y músculo oscuro que indique la sepsis.
3. Lesiones en piel.
4. Si el musculo de la pechuga tiene una apariencia blanca o cocida es un indicativo de un sobre escaldado.

Con todo lo mencionado anteriormente se comprendió el manejo adecuado en las diferentes etapas de la producción de pollo de engorde, así como en el proceso de incubación y faena. Además de los valores óptimos en cuanto a rendimientos establecidos por las casas genéticas, y que aspectos pueden afectar dichos rendimientos. Esta información es de gran valor para la industria productora de pollo para poder comparar y mejorar sus rendimientos productivos, ya sea por medio de mejoras en el manejo o en la nutrición de las aves.

CAPÍTULO II: PROCEDIMIENTO Y METODOLOGÍA

Durante la práctica dirigida se trabajó en dos granjas asociadas a una empresa avícola dedicada a la producción de pollo de engorde, Granja 1 y Granja 2, así como en la planta incubadora (Palmares, Alajuela), en la planta de cosecha (Ciruelas de Alajuela), y planta de alimento (San Mateo, Orotina), esto durante los meses de Marzo a Julio 2019.

2.1. Granjas de engorde

En las granjas se realizaron actividades inherentes al manejo de pollos de engorde en las diferentes etapas como: crianza, crecimiento y finalización. Se trabajó en el recibo de pollitos, alimentación, pesaje de animales, recolección de mortalidad, desinfección de galeras, volteo de cama, evaluación de buchets, atrape de aves para su envío a planta de cosecha, necropsias, pruebas de uniformidad, además de la obtención de parámetros zootécnicos y parámetros climáticos.

Los parámetros zootécnicos extraídos y analizados fueron los siguientes: peso vivo, consumo de alimento, conversión alimenticia, mortalidad, rendimiento cárnico, conversión alimenticia ajustada, índice de producción efectiva; algunos de estos parámetros se obtuvieron aplicando las fórmulas correspondientes.

Peso vivo del animal: se procedió una vez a la semana a tomar el peso de las aves, se hizo el mismo día cada semana, en las primeras horas de la mañana. Por medio de una trampa plástica se tomaron muestras de diferentes áreas de la galera, se muestrearon 2% de las aves aproximadamente. Una vez que los animales estuvieron dentro de la trampa se tomaron 50 pollos, se colocaron en un saco y luego se pesaron en una balanza electrónica con precisión de 5 o 10 gramos. Para luego obtener un promedio del peso de las aves.

Consumo de alimento semanal: se anotó diariamente en los registros la cantidad de alimento que mostraba el silo. Al séptimo día se sumaron los datos para obtener el valor total de alimento consumido en la semana, luego se dividió entre el total de aves vivas para obtener el consumo semanal por ave.

Consumo alimento semanal = Alimento consumido total ÷ Total aves vivas

Conversión Alimenticia: Se obtuvo con los datos del peso vivo y el consumo de alimento.

CA = Consumo de alimento (g) ÷ Peso vivo del animal (g)

Mortalidad: se recolectó la mortalidad todos los días en la mañana, se anotó en registros, se sumó el total al final de la semana y se dividió entre el total de aves ingresadas.

Mortalidad = Total aves muertas ÷ Total aves ingresadas

Conversión alimenticia ajustada: se obtuvo a partir de la conversión alimenticia y el peso vivo del animal. Con la fórmula utilizada por la empresa.

CA ajustada = CA - (1928 - Peso real ÷ 40)

Índice de eficiencia productiva: este parámetro se obtuvo a partir de la mortalidad, el peso vivo, la conversión alimenticia y la edad al mercado; entre mayor sea el dato obtenido, mejor es el rendimiento del lote.

$$IPE = \frac{(100 - \% \text{ Mortalidad}) * \text{Promedio de Peso (Kg)} * 100}{\text{Conversión alimenticia} * \text{Edad de mercado (días)}}$$

2.2. Planta incubadora

En la planta incubadora se participó en tareas de clasificación de huevo apto para incubación, carga de partidas, ovoscopías, toma de temperatura embrionaria, transferencia a la nacedora, nacida de pollitos, selección de pollitos de primera y, segunda calidad, así como pollito de descarte, embriodiagnosis, monitoreo de parámetros como humedad, temperatura en incubadora, nacedora y sala de almacenaje de huevo, limpieza de equipo, y tareas con el personal encargado de calidad.

2.3. Pruebas de campo

Para las pruebas de campo, las galeras poseían cama de granza de arroz, y comederos infantiles para los primeros 10 días, así como comederos y niples automáticos para el resto del periodo del engorde. El calentamiento inicial fue provisto por calentadoras de gas, la temperatura y la humedad relativa de las galeras fueron medidas y anotadas a diario por el equipo digital de la granja. El alimento y agua fueron suplidos *ad libitum*. Se suplementaron las aves con alimento pre iniciador (peletizado) y fases 1 – 4 (harina). Se iniciaron las pruebas alojando pollos de un día de edad (mixtos) de líneas genéticas Cobb/Ross y con una densidad final de 16.5 aves/m².

2.3.1. Prueba 1 y 2: evaluación del desempeño de pollos de engorde que han sido suplementados con un complejo enzimático de muramidasa.

Estas pruebas fueron realizadas en Granja 1, ubicada en San Carlos. Se monitorearon los rendimientos del pollo de engorde del día 1 al 36, esto en las dos galeras pertenecientes a la granja para la primera partida y, para la segunda partida se tomó en cuenta la nueva galera, la cual estuvo en construcción durante la primera prueba. En la prueba 1, las dos galeras tuvieron alimento con la enzima y se compararon los resultados con los históricos de la granja. Para la segunda prueba se contó con un testigo y dos galeras con tratamiento.

Además se realizaron las siguientes actividades:

Análisis de calidad de cama al día 34 de edad: se efectuó una evaluación visual utilizando el método Welfare Quality® 2009, el cual consistió en tomar muestras en al menos 5 lugares de la caseta, bajo los comederos, debajo de bebederos, cerca de las entradas y de las salidas. Luego se asignó un valor y una clasificación a las camas utilizando la siguiente tabla de factores: 0 – Completamente seca, se mueve fácilmente con el pie. 1 – Seca pero no se mueve fácil con el pie. 2 – Se deja huella al caminar, se forman pelotas-bolas si es compactada, pero estas pelotas se deshacen fácilmente. 3 – Se pega a las botas y

las pelotas se mantienen compactas. 4 – Se adhiere a las botas una vez que se rompe la capa o la corteza compacta.

Evaluación de lesiones plantares: se evaluaron 100 aves de cada caseta, utilizando el protocolo estándar de DSM basado en Welfare Quality®, 2009; Clasificación: Individual nivel A – Sin evidencia de lesión plantar (puntuación 0); B – Evidencia mínima de dermatitis plantar (puntuación 1 y 2); C – Evidencia de dermatitis plantar (puntuación 3 y 4). La medición se realizó antes de la salida al matadero.

Durante la prueba se tomaron muestras de alimento (preinicio, fase 1- 4) de 500 g en diferentes áreas de la granja, estas muestras fueron sometidas a pruebas de recuperación de Balancius®, las muestras fueron preservadas en refrigeración (4 °C). La determinación de actividad enzimática muramidasa se llevó a cabo en los laboratorios Biopract GmbH en Alemania.

2.3.2. Prueba de campo 3: valoración del impacto sobre el rendimiento del pollo de engorde expuesto a transporte y ayuno prolongado.

Esta prueba se realizó en Granja 2, ubicada en Orotina, se monitorearon los rendimientos del pollo de engorde del día 1 al 36. En esta prueba se valoraron los rendimientos zootécnicos de dos lotes de pollo de engorde expuesto a un transporte y ayuno prolongado, sus rendimientos zootécnicos fueron comparados con un lote que tuvo un ayuno y periodo de transporte adecuados en la misma granja. Tomando en cuenta un periodo mayor a 72 horas luego de la eclosión como ayuno prolongado y, un periodo superior a 24 horas como transporte prolongado.

2.4. Planta de procesamiento

Rendimiento en canal: se seleccionaron en el día del atrape 48 aves al azar, 24 machos y 24 hembras, se les colocó un marchamo en una de sus patas y se pesó cada ave individualmente; estas fueron llevadas junto con el resto de aves

pero identificadas las cajas con una cinta roja y luego del eviscerado se determinó el rendimiento cárnico y su distribución.

2.5. Planta de alimento

En la planta de alimento Aliansa se asistió en la prueba de mezclado de muramidasa en el alimento balanceado que estaba destinado a Granja 1 para la realización de las pruebas de campo.

CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Actividades en granja de engorde

El ciclo productivo dio inicio con el recibo de pollito, las galeras ya estaban preparadas para el recibo, estas contaban con sus respectivos comederos infantiles, y un área delimitada destinada a los pollitos, esta área estaba en el centro de la galera dónde se encontraban las criadoras. El pollito se descargó lo más rápido posible del camión para evitar el enfriamiento del mismo, se recibieron en varios tractos para poder llenar la capacidad de cada galera, no obstante las aves no siempre pertenecían a un mismo lote, por lo que cada galera contaba con cercas antimigratorias para evitar la mezcla de los diferentes lotes y también para evitar el gasto de energía del ave debido a su traslado de un lugar a otro dentro de la galera. Sin embargo algunas aves migraban de un lado a otro.

En uno de los recibos se pudo evidenciar la presencia de pollitos con frío, estos se notaban apuñados al lado de las cortinas, y debajo de las criadoras, la galera contó con la preparación correcta en cuanto a temperatura, sin embargo debido a un empuje frío (anteriormente previsto por el Instituto Meteorológico de Costa Rica) la granja recibió vientos muy fuertes que enfriaron la galera durante el traspaso de las aves del camión a la galera.

Luego del arribo del pollito es muy importante asegurar el acceso al agua y al alimento. Para corroborar que las aves hayan encontrado agua y alimento se llevó a cabo la revisión de buches en pollitos que tenían poco más de dos días de estar en granja. En esta revisión se tomó una muestra de 100 pollitos, se hallaron 98% de buches llenos con agua y alimento, lo cual es un buen dato, tomando en cuenta lo referido por el manual de manejo de pollo de engorde Aviagen (2014), el cual sugiere que los pollitos 48 horas posteriores al recibo deben tener 100% de los buches llenos.

Del día 1 al 14 es muy importante el estímulo para la alimentación. En las granjas se realizó constantemente esta actividad cada 3 horas durante las primeras dos semanas. Para realizar el estímulo a las aves, se reubicaban o

movían los comederos infantiles, otras veces se utilizaba ruido o palmadas para incentivarlas a caminar. Sin embargo, también se puede hacer uso de la temperatura para estimular la actividad y el apetito (Aviagen, 2002). El estímulo de alimentación es muy importante debido a que en las primeras semanas de vida el pollito desarrolla su sistema inmune, el sistema digestivo y, el sistema esquelético por lo cual necesita nutrirse bien (Cobb-Vantress, 2008). Luego de la semana 3 - 4 se realizó el estímulo de alimentación una vez al día, para evitar el aumento de la conversión alimenticia.

En varios de los recibos de alimento balanceado se percibió que en el silo se estaba mezclando el alimento de diferentes fases. La alimentación y nutrición van de la mano, la alimentación toma en cuenta las normas y procedimientos para proporcionar a los animales una nutrición adecuada en cuanto a nutrientes y cantidades (Mora-Brautigam, 2002). Si concurre un cambio en la densidad de los nutrientes requeridos por las aves para la etapa en la que se encuentra, se influirá en el crecimiento del ave, debido a que las dietas con densidad más baja de nutrientes pueden tener un impacto negativo en la conversión alimenticia (Cobb-Vantress, 2005). Esta situación podría afectar el rendimiento del pollo, si se da por un tiempo prolongado; tomando en cuenta el periodo en el que se ofrecen las diferentes dietas o fases.

Se participó en varias necropsias realizadas en las granjas. Este procedimiento fue de importancia para la detección de enfermedades potenciales, la revisión se basó en una disección *post mortem* en la que se revisaron los órganos internos del ave como: la tráquea y su mucosidad, la boca en búsqueda de vejigas causadas por micotoxinas; además de signos de infección en la cabeza del fémur, el corazón, los intestinos, el hígado, los pulmones, los sacos aéreos y la bolsa de Fabricio.

Los hallazgos más frecuentes en las necropsias fueron aerosaculitis leve o muy leve e hidropericarditis leve. La aerosaculitis o micoplasmosis es transmitida por la bacteria *Mycoplasma gallisepticum*. Esta se propaga por medio del contacto entre las aves y a través de fómites, las aves infectadas pueden ser portadoras de

la enfermedad y no presentar síntomas hasta que sufren algún estrés (OIE, 2004). Esta enfermedad fue confirmada en la necropsia por la presencia de espuma dentro de los sacos aéreos. Para el control de esta enfermedad se realizaron fumigaciones a las aves con producto antibacterial, fungicida y viricida.

Por otra parte, la hidropericarditis es una enfermedad cardíaca provocada por muchos factores como lo son la hipoxia, incremento en la presión cardíaca como resultado de la constricción, u obstrucción de las arterias, venas o capilares, así como por el síndrome de toxicidad grasa (Julian, 2002). En los casos observados, se considera que las posibles causas de esta enfermedad fueron las dietas energéticamente altas y en menor medida, hipoxia. Ambos factores provocan un incremento en la carga de trabajo del corazón. En la necropsia se pudo distinguir esta afección debido al plasma presente en el pericardio.

Además se detectaron algunos casos de erosiones de molleja leve y un caso de coccidiosis por *acervulina*. Las erosiones de molleja pueden ser mecánicas, esto por consumo de granza, ya que el picotear y escarbar la cama es una manera de exploración utilizada por las aves. En cuanto a la coccidiosis, esta es una enfermedad parasitaria causada por varias especies del género *Eimeria* y se caracteriza por presentar diarrea con sangre, y en forma subclínica por un síndrome de mala digestión y mala absorción de nutrientes (Quiroz-Romero, 2005). La *E. acervulina* se puede evidenciar en la necropsia por la presencia de puntos blancos principalmente en la primera fracción del intestino delgado.

Un aspecto trascendente en la producción de pollo de engorde es la densidad animal en los galpones. En ambientes controlados la densidad poblacional debe ser de 33 Kg/m², y en climas calurosos se puede bajar la densidad a 30 Kg/m² (Aviagen 2014). En el Cuadro 9 se muestran las densidades poblacionales en Granja 1. Algunas galeras se encontraron con densidades entre 0,34 - 1,90 Kg/m² por encima de lo establecido tomando en consideración el clima tropical húmedo de la región de San Carlos. Se debe tomar en cuenta que el exceso de población puede comprometer el bienestar animal y la rentabilidad afectando la calidad del producto final (Aviagen, 2009b).

Cuadro 9. Dimensiones y densidades poblacionales en los galpones de Granja

1

		Partida 1		Partida 2		
Galera		G1	G2	G1	G2	G3
Largo	(m)	140	140	140	140	150
Ancho	(m)	12	13	12	13	15
Área	(m ²)	1680	1820	1680	1820	2250
Peso final ciclo	(Kg)	2,115	2,080	2,030	1,960	2,100
Densidad	(Kg/m ²)	34,70	33,34	31,66	28,27	34,90
Densidad	(aves/m ²)	16,41	16,03	15,59	14,42	16,62

Durante tres semanas se tomaron parámetros ambientales como la temperatura, la humedad relativa y la velocidad del viento con un medidor de clima entre 11:00 a.m. – 12:00 p.m., esos parámetros son mostrados en el Cuadro 10; además se anotó el comportamiento de las aves durante la toma de parámetros.

Cuadro 10. Parámetros obtenidos con medidor de clima (Kestrel 3500) en las galeras de Granja 2 y Granja 1 entre 11.am – 12:00 md, en pollo de diferentes edades

Granja		2 (Orotina)						1 (San Carlos)						
Galera		3	3	4	5	1			2			3		
Sitio		B	B	B	B	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Temp	(°C)	30,4	29,6	30,7	28,5	30,1	30,1	28,4	29,5	28,6	26,8	28,7	26,4	25,4
H.R	(%)	66,0	74,8	70,4	76,5	64,5	62,0	66,5	69,1	66,3	68,4	76,4	76,2	76,6
V. V	(ft/min)	100	80	100	120	228	373	132	164	442	363	239	163	134
V.Max	(ft/min)	140	520	520	520	824	824	824	488	544	824	488	418	418
V.Prom	(ft/min)	80	80	120	60	169	173	174	141	153	183	156	175	193
T.E.E.	(°C)	30,4	27	22	24	25			23			21		
Edad	(días)	2	18 - 20	13 - 18	13	27-28			27-28			27-28		

Temp= Temperatura real

V.V= Velocidad del viento

V. Prom= Velocidad del viento Promedio

V.Max= Velocidad del viento máxima

H.R= Humedad Relativa

A= Extractores

B= Centro de la galera

C= Fondo de la galera

T.E.E= Temperatura efectiva estimada

Primera semana del ciclo productivo

Algunos manuales indican que la temperatura durante la primera semana de vida del pollito debe ser 32 °C, por otro lado, otras guías de manejo señalan que los pollos muy jóvenes necesitan un temperatura ambiental de 30 °C, con una humedad relativa de entre 60% - 70%, y una velocidad de viento recomendada de 60 ft/min (Cobb-Vantress, 2008; Aviagen, 2009a; Cobb-Vantress, 2013d). Los parámetros climáticos obtenidos en Granja 2 a los dos días fueron: temperatura 30,4 °C, HR de 66% y, la velocidad del viento promedio en 80 ft/min. Estos resultados muestran que esta galera se encontraba 20 ft/min por encima de lo recomendado, sin embargo no se notó disconformidad en las aves, estas se encontraron muy activas. Por otro lado la HR y la temperatura fueron adecuadas.

Tercera semana del ciclo productivo

La Granja 2 cuenta con un sistema de ventilación de túnel con panel evaporativo. Las temperaturas de bulbo seco requeridas para lograr temperaturas efectivas adecuadas para una HR de 70 %, a los 20, 18 y 13 días de edad son de 21, 22 y 24 °C respectivamente, según las recomendaciones de Aviagen (2014). No obstante se debe tomar en cuenta el efecto de enfriamiento del panel evaporativo y, también de la velocidad del aire para estimar la temperatura efectiva. El enfriamiento del panel evaporativo disminuye la temperatura efectiva entre 4 - 8 °C, esto si la HR está entre 60-70%. Además, se debe considerar que conforme va aumentando la HR disminuye la efectividad del enfriamiento del panel evaporativo (Aviagen, 2002).

Tomando en cuenta lo anterior y la información de los Cuadro 5 y 6, se puede decir que con una temperatura de bulbo seco de 28,5 °C y con ventilación de túnel (60 ft/min) se disminuyó la temperatura efectiva aproximadamente 1 °C, y el enfriamiento evaporativo del aire disminuyó la temperatura efectiva 3 °C adicionales (considerando una HR de 76,5 %), por lo que la temperatura efectiva en las aves de la galera 5 aproximadamente rondó los 24 °C; y en cuanto al

comportamiento de la parvada, esta no mostró disconformidad con las condiciones ambientales ofrecidas.

La galera 4 tuvo el inconveniente de contar con aves de dos edades distintas. Debido a esto, los parámetros climáticos siempre estuvieron fuera de rango para alguno de los dos grupos. De tal forma contemplando la HR de 70,4%, la temperatura ambiental de 30,7 °C, la velocidad del viento de 120 ft/min y, el enfriamiento evaporativo el aire; se estimó una temperatura efectiva aproximada de 25 °C. Esta condición posiblemente no cause disconformidad en las aves de 13 días pero si en las de 18 días, puesto que las aves de 18 días de edad necesitan una temperatura efectiva de 22 °C. Las aves se notaron activas pero en menor proporción comparándolas con las aves de la galera 5.

En cuanto a la galera 3, en esta se registró una velocidad del viento de 80 ft/min, la cual es inadecuada para un pollo de 18 - 20 días. También, se tuvo una temperatura promedio de 29,6 °C y una HR de 74,8%; se puede decir bajo estas circunstancias, se aumentó la temperatura efectiva en 1 °C (ver Anexo 3) y, que el enfriamiento provisto por el panel evaporativo solamente disminuyó la temperatura efectiva en 3 °C. Tomando en cuenta estos aspectos se estimó que la temperatura efectiva en los pollos de la galera 3 rondó los 27 °C. Cuando se requiere una temperatura de 21 °C. Se notaron las aves con poca actividad.

Cuarta semana del ciclo productivo

Las galeras 1 y 2 de la Granja 1 utilizan el sistema de ventilación de túnel sin panel evaporativo, la galera 3 cuenta con panel evaporativo, sin embargo durante la prueba de campo no se hizo uso del mismo. La temperatura efectiva para las aves a los 27 días de edad con una HR de 70% debe ser de 19-20 °C (Aviagen, 2014). Tomando en cuenta los rangos de temperatura ambiental (24,4 - 30,1 °C), velocidad del viento (141-193 ft/min), HR (62,0 - 76,6%), la edad de las aves (27 - 28 días) y, el equipo utilizado para la ventilación de las galeras de la granja, se estima una temperatura efectiva aproximada de 25 °C, 23 °C, 21 °C en

las galeras 1, 2 y 3, respectivamente. Se pudo notar a las aves con actividad intermedia.

Se debe tomar en cuenta que las aves localizadas al fondo de la galera son las que experimentan las corrientes de aire más fuertes y frías, por lo tanto se pueden presentar disconformidad por frío. Las aves cerca de los extractores perciben un aire más caliente y menos limpio, estas aves son las que están situadas en los lugares menos idóneos. Por otra parte, las aves localizadas en el centro de la galera por lo general son las que se encuentran más confortables. Además es necesario considerar el correcto mantenimiento de los extractores, ya que un desperfecto puede provocar que la extracción de aire sea inadecuada.

En algunas ocasiones se pudo observar en Granja 1 aves de 15- 25 días de edad poco activas, jadeando o con las patas estiradas durante las primeras horas de la mañana. Esto se debió a que contaron con ventilación mínima durante la madrugada y parte de la mañana, a pesar que la ventilación mínima se debe usar solamente en pollito joven o en climas muy fríos. El jadeo es signo de estrés calórico, y significa que la temperatura del galpón es demasiado elevada o que existe un problema en la uniformidad en la distribución del aire (Aviagen, 2009b).

Es importante tomar en cuenta que durante el frío de la noche, las aves pueden eliminar el exceso de calor corporal acumulado durante el día, por lo que poner en marcha los extractores durante la noche puede ayudar a reducir la temperatura nocturna efectiva; y así, los animales pueden iniciar el siguiente día más frescos y esto les ayuda a mantener un rendimiento alto (Aviagen, 2009a).

Además, durante la práctica se realizaron pruebas de uniformidad en ambas granjas (ver Cuadro 11). Una parvada con una uniformidad del 70% es un lote con una uniformidad regular, por otro lado una uniformidad superior a 80% es considerada como adecuada en una parvada (Aviagen, 2014).

Cuadro 11. Porcentaje de uniformidad y cantidad de aves muestreadas en las galeras pertenecientes a Granja 2 y Granja 1, a diferentes edades

Granja	1			2	
	Galera 1	Galera 2	Galera 3	Galera 4.1	Galera 4.2
C. aves	100	100	100	105	100
P.P (g)	1110	935	1000	516,62	778,30
R.P (g)	660 – 1390	640 – 1090	790 – 1220	405 – 615	500 – 975
Unifor (%)	68,00	67,00	81,00	68,57	68,00
Edad (días)	27– 28	27– 28	27– 28	13	18
Sexo -	Mixto	Mixto	Mixto	Machos	Mixto

C.Aves = Cantidad de aves
R.P = Rango de pesos

P.P = Peso promedio
Unifor = Uniformidad

De acuerdo con los datos obtenidos se puede decir que los dos lotes de Granja 2 estuvieron cerca de alcanzar una uniformidad regular, así como las aves de las galeras 1 y 2 en Granja 1; solamente las aves de la galera 3 en Granja 1 tuvieron una parvada uniforme. Existen varias situaciones que pueden afectar la uniformidad como: la densidad animal, la altura, el nivel y cantidad de comederos y bebederos, el manejo de la alimentación, así como diferencias en la calidad del pollito.

Considerando la densidad animal, la galera 3 en Granja 1 obtuvo una mayor densidad animal (16,62 aves/m²) que las galeras 1 y 2 (15,52 y 14,42 aves/m²). No obstante una densidad entre 16 - 18 aves/ m² no afecta significativamente los rendimientos en las aves criadas en galeras tipo túnel (Aguilar-García, 2016). En el caso de la partida 1 se pudo notar que ambas galeras contaban con equipos de las mismas características, la densidad animal en ambas galeras fue similar, así

como la uniformidad. Para la Granja 2 no se muestran las densidades, sin embargo también contaban con equipos de las mismas características.

Cabe mencionar que la galera 3 de la Granja 1 es completamente automatizada, la altura y el nivel de bebederos y comederos fue regulada por medio de motores y no manualmente como el resto de las galeras en Granja 1 y 2. Además la galera 3 de Granja 1 poseía dos silos independientes, esto impedía la mezcla de alimento de diferentes fases. En este caso se puede decir que la diferencia de los porcentajes de uniformidad entre la galera 3 de Granja 1 y el resto de galeras tanto en Granja 1 como en Granja 2, se debe a la automatización con la que cuenta la galera 3, así como el poseer 2 silos independientes. Por lo que se descartan la cantidad de comederos y bebederos así como la calidad de pollito.

Como uno de los últimos puntos en el ciclo productivo se realizó el atrape de las aves las cuales se utilizaron para realizar la pruebas de rendimiento cárnico. La captura de las aves fue guiada por uno de los supervisores de la empresa, puesto que una captura mal realizada puede causar daños por moretones, magulladuras, fractura de alas y hemorragia interna en los muslos (Aviagen, 2009b).

Finalmente, se participó en el proceso de desinfección de galeras, la cual se realizó con plaguicida para el control de escarabajo, terminando el ciclo de limpieza y desinfección con secado y, vaciado sanitario. Se colaboró con la preparación de las galeras para la nueva partida y recibo de pollito.

3.2. Actividades en Planta Incubadora

Luego de la recepción de huevo proveniente de las granjas de reproductoras, se realizó una selección de huevo apto para incubar. Los huevos sucios, muy grandes, muy pequeños, con fisuras, arrugados o deformes no fueron electos como aptos para incubar; debido a que pueden ser foco de infección, contaminar otros huevos y alterar los índices de nacimiento o dadas sus dimensiones no se ajustaban a las charolas. Del mismo modo se efectuó otra

clasificación de huevos clase A y B, los huevos clase A no requieren ningún tipo de limpieza y los huevos clase B fueron sujetos a un proceso de limpieza en granja, en el cual se elimina rastros de gallinaza, sangre o cualquier contaminante.

Posterior a la selección de los huevos realizada en el cuarto frío, estos huevos fueron colocados en los *buggies*, a la espera de ser llevados a la sala de precalentamiento. El objetivo del cuarto frío es impedir el desarrollo embrionario antes de la incubación, por lo que es importante mantener la cadena de frío desde la granja (ver Anexo 4). En la sala de precalentamiento se evita el choque brusco de temperatura antes de ingresar a la incubadora (Salas, 2013), así como una condensación de la cáscara (Cobb-Vantress, 2013b), siendo la condensación uno de los mayores focos de contaminación en las plantas de incubación y en pollitos recién nacidos (Zavala, 2017).

Como parte de las actividades realizadas en esta sección, se monitoreó la temperatura y la HR en las incubadoras todos los días durante una semana. La razón de esta actividad radica en la importancia de mantener la uniformidad de la temperatura del aire y la HR, ya que al existir una desuniformidad se crean zonas frías dentro de la incubadora y dentro de la masa del huevo. Estas situaciones son las principales razones de la pérdida de peso en los huevos, causando desuniformidad en el mismo, y a su vez en el peso del pollito (Hill, 2016). También se tomó temperatura y HR en nacedoras y cuarto frío, para asegurar el correcto manejo del huevo y confort del pollito en nacedoras.

El día 12 de incubación se realizaron las ovoscopías. El fin primordial de la ovoscopia es determinar huevos infértiles y mortalidades tempranas (0-7 días de incubación) y debe ser realizado entre los 10 -14 días de incubación (Aviagen, 2011b). En este proceso se colocaron las charolas sobre una fuente de luz para determinar cuáles huevos no continuarían con el proceso de incubación. Los huevos que no continuaron dicho proceso pudieron verse afectados por la edad de las reproductoras, el manejo del huevo fértil y el manejo de los animales en las granjas. Estos huevos durante la ovoscopia se vieron claros a diferencia de los

huevos con embrión en desarrollo que se notaron oscuros debido al desarrollo embrionario avanzado.

Asimismo durante el proceso de incubación se realizó la medición de temperatura embrionaria, la cual se realizó en el ecuador del huevo y, se tomaron 3 muestras de cada charola. La medición de temperatura embrionaria se realizó en el cascarón puesto que su temperatura está directamente relacionada con la temperatura interna del huevo, la medición fue llevada a cabo con un termómetro infrarrojo y la temperatura esperada debe estar entre el rango de 37,8 - 38,3 °C (100 - 101 °F). Esta temperatura es la ideal durante todo el proceso de incubación para obtener el nacimiento máximo de pollitos de calidad (Aviagen, 2011b).

También se determinó la pérdida de agua en los huevos, para lo cual se pesaron 3 charolas con huevos de cada partida en el cuarto frío. Estas fueron identificadas y luego durante la transferencia se pesaron nuevamente para luego obtener el dato por diferencia. Si los huevos se incuban correctamente, estos deben perder de 11 a 12 % de su peso, lo cual elevará el número de los nacimientos y de la calidad del pollo (Aviagen, 2011b). El objetivo primordial es conseguir una cámara de aire de tamaño intermedio, puesto que con una cámara de aire muy pequeña, los pulmones del embrión no logran llenarse completamente de aire y con una cámara de aire demasiado grande el embrión puede deshidratarse (Abad et al., 2019).

De igual modo se llevaron a cabo embriodiagnosias, para comprobar en qué etapa del proceso de incubación se generó la muerte embrionaria e incluso la edad exacta del embrión. Para la realización de este procedimiento se utilizaron los huevos que no eclosionaron durante los nacimientos y se abrieron cuidadosamente por la cámara de aire. Esta técnica ayuda a identificar los niveles reales de infertilidad en los lotes y según las recomendaciones de Aviagen (2010) se deben examinar al menos 100 huevos de cada lote.

Algunos de los hallazgos en la embriodiagnosias pueden ser: huevo infértil, mortalidad temprana (1-7 días) en la que se nota el anillo de sangre o blastodermo

(Aviagen, 2018), en el caso de mortalidad intermedia (8-14 días) se puede observar el ojo negro, la cabeza, presencia de plumas y uñas y, en la mortalidad tardía (15-19 días) casi no hay presencia de albumen y presenta un desarrollo embrionario avanzado (Cobb-Vantress, 2013b) en los que son frecuentes las mal posiciones, además se pueden hallar huevos contaminados los cuales tienen un cambio de color y mal olor (Aviagen, 2011b).

Por otro lado también se verificó la ventana de nacimiento, este es el periodo en el que los pollitos salen del cascarón y debe ser de 30 horas aproximadamente. La variabilidad de temperaturas en la incubación es un aspecto que determina la amplitud del nacimiento, si se retrasa el nacimiento se verán afectados el rendimiento y la uniformidad en las granjas de engorde (Aviagen, 2010).

Después del nacimiento se realizó la clasificación de pollito de primera y segunda calidad, así como el pollito de descarte. Esta revisión se realizó en la sala de pollito. La sala debe tener una temperatura ambiental entre 22 y 28°C (dependiendo de la velocidad del aire alrededor de las cajas) y una humedad relativa entre 50 y 65% (Aviagen, 2018). Los pollitos de primera calidad se encontraban de pie, con los ojos abiertos y brillantes, muy alertas, con el ombligo bien cerrado, sin deformidades y al voltearse sobre sus espaldas tienen la capacidad de levantarse rápidamente. Por otro lado, los pollitos de segunda estaban algo decaídos, con poca actividad y los pollitos de descarte, además de los signos característicos del pollito de segunda, presentaban los codos rojos, alguna deformidad u ombligos sin sanar.

También se participó en las tareas de control de calidad (realizadas por una única persona, tanto para la incubadora de Palmares como para la de Orotina), tales como: determinación de temperatura cloacal, peso del saco vitelino, peso del pollito en cada lote, porcentaje de pollito de primera y segunda de las muestras tomadas, así como en las cajas listas y revisadas por los empleados de la incubadora. En el caso de la temperatura cloacal, en el rango debe ser de 39,4° - 40,6°C (103° - 105°F) para asegurar del confort del pollito (Aviagen, 2018). En

cuanto al peso del saco vitelino se recomienda que no sea mayor al 10% con respecto al peso inicial del pollito (Cobb-Vantress, 2013c). Esto indica que el tiempo y temperatura de incubación fueron correctos y, se espera una correcta inmunidad pasiva en el pollito.

Por otra parte el peso de cada lote va a depender de la edad de la reproductora, de la pérdida de humedad del huevo y del manejo en general del proceso de incubación. Sin embargo, al momento del nacimiento los pollitos deben pesar entre 67 - 69% del peso que tenía el huevo al momento de introducirlo a la incubadora (Aviagen, 2011a).

Durante todas las actividades realizadas en la planta incubadora se pudo notar que los rendimientos estuvieron dentro de lo esperado, en cuanto a porcentaje de nacimientos, temperatura y humedad en las instalaciones e incubadoras, pérdida de humedad del huevo, ventanas de nacimiento e indicadores tomados por el personal de calidad.

3.3. Pruebas de campo

Prueba de campo 1 y 2. Evaluación del desempeño de pollos de engorde que han sido suplementados con un complejo enzimático de muramidasa.

Se procedió a realizar el experimento en las granjas determinadas por la empresa y bajo las normas establecidas por la gerencia.

En la prueba 1 (Cuadro 12), todas las aves fueron suplementadas con el complejo enzimático de muramidasa y, se compararon los resultados con tres partidas históricas de la granja (Cuadro 13). Para dicha prueba se contó con dos galeras, G1 y G2 con la capacidad de albergar 27 mil y 30 mil aves, respectivamente. Cada galera estaba dividida (G 1 - 1, G 1 - 2, G 2 - 1, G 2 - 2), puesto que contaba con dos lotes distintos por lo que, se llevó un registro independiente para cada grupo.

Cuadro 12. Parámetros zootécnicos obtenidos en aves suplementadas con muramidasa, prueba de campo 1 en Granja 1, semana 1 – 5

Semana		1	2	3	4	5
	Esperado	1.00	-	-	-	-
Mortalidad acumulada (%)	G 1-1	1,54	3,65	7,25	10,52	10,97
	G 1-2	1,89	2,62	17,72	18,24	18,66
	G 2-1	1,37	3,11	7,93	9,16	9,22
	G 2-2	1,07	2,14	4,70	5,53	5,86
	Esperado	193	528	1018	1615	2273
Peso (g)	G 1-1	189	495	960	1557	2082
	G 1-2	146	395	881	1498	2149
	G 2-1	165	445	941	1512	2045
	G 2-2	152	412	906	1493	2115
	Esperado	145	541	1239	2209	3399
Consumo acumulado (g)	G 1-1	169	520	1247	2181	3207
	G 1-2	144	493	1294	2322	3406
	G 2-1	145	509	1164	2179	3240
	G 2-2	123	478	1108	1996	3091
	Esperado	0,76	1,03	1,22	1,37	1,500
Conversión	G 1-1	0,89	1,05	1,30	1,40	1,540
	G 1-2	0,99	1,25	1,47	1,55	1,585
	G 2-1	0,88	1,14	1,24	1,44	1,584
	G 2-2	0,81	1,16	1,22	1,34	1,461
	Esperado	28,00	48,00	70,00	85,00	94,00
GPD (g)	G 1-1	27,00	43,71	66,43	85,29	75,00
	G 1-2	20,86	35,57	69,43	88,14	84,57
	G 2-1	23,57	40,00	70,86	81,57	78,14
	G 2-2	21,71	37,14	70,57	83,86	88,86
	Esperado	4-5	2,73	1,92	1,58	1,40
Incremento en peso	G 1-1	3,87	2,62	1,94	1,62	1,34
	G 1-2	3,63	2,71	2,23	1,70	1,38
	G 2-1	4,04	2,70	2,11	1,61	1,37
	G 2-2	3,73	2,71	2,20	1,65	1,40

Pesos y consumos corresponden a promedios

G = Galera

GDP = ganancia diaria de peso

Valores esperados tomados de Cobb-Vantress (2018)

Según los datos obtenidos durante la primera prueba de campo (Cuadro 12) se puede observar que los rendimientos no alcanzaron los estándares propios de la casa genética en cuanto a peso, consumo de alimento, GPD y conversión. No obstante, se puede evidenciar un repunte importante en la cuarta y quinta semana con respecto a GPD, así como un repunte en el incremento de peso a partir de la tercera semana.

En cuanto a los resultados históricos (Cuadro 13), el peso promedio de las aves es mayor en los cierres de los históricos de la granja (2251, 2226, 2291g) en comparación con el promedio tratamiento de muramidasa (2135 g), no obstante se debe tomar en cuenta la edad de las aves. Las aves para la primera prueba de campo tuvieron menor edad al sacrificio (35,17 días) en contraste con las aves de los históricos (36,34 - 38,19 días), debido a eso, posiblemente fueron aves más livianas. La CA ajustada fue mejor en el tratamiento con muramidasa (1,524), a excepción de la segunda partida histórica que fue igual al tratamiento con muramidasa.

Cuadro 13. Rendimientos zootécnicos de pollos de engorde suplementados con la enzima muramidasa comparados con los tres rendimientos históricos de la granja

	Histórico 1	Histórico 2	Histórico 3	*Prueba
Peso (g)	2251	2226	2291	2135
Ganancia Lineal (g)	59,00	61,00	61,00	60,70
Mortalidad (%)	4,56	3,79	5,89	11,30
Edad (días)	38,19	36,66	36,34	35,17
C.A	1,622	1,598	1,620	1,575
C.A ajustada	1,535	1,524	1,550	1,524
IPE	346,82	365,57	366,24	341,90

*Corresponde al promedio de las dos galeras

Fuente: Estándares Granja 1

IPE = índice de eficiencia productiva

Para estandarizar la información y poder comparar los datos se calculó el IPE que toma en cuenta la mortalidad, el peso promedio, la CA y, la edad al mercado. El IPE fue menor en el tratamiento con la enzima (341,90) versus los históricos (346,82 – 366,24), debido al alto porcentaje de mortalidad obtenido durante la primera prueba de campo. Esta mortalidad incluye las aves eliminadas por selección, específicamente de aves con bajo peso o pequeñas, resultado de inconvenientes propios de la empresa en cuanto a calidad de pollito.

Para la segunda prueba se incluyó la nueva galera que durante la prueba anterior estaba en construcción, la cual contó con una capacidad de 37 mil aves. Se contó con una galera control (G2) y dos galeras con tratamiento (G1 y G3), en la galera dos existían dos lotes diferentes, por lo que estaba dividida como G 2 - 1, G 2 - 2. Los resultados de esta prueba se observan en los Cuadros 14 y 15.

En cuanto a los datos obtenidos se evidenciaron buenos rendimientos durante todo el ciclo productivo (Cuadro 14). Sin embargo, no se obtuvieron los rendimientos esperados en todas las semanas, algunas de las parvadas estuvieron cerca de alcanzar el peso esperado por la casa genética, otras lo superaron en la cuarta semana. No así en cuanto a consumo de alimento, esto afectó la conversión alimenticia que fue mayor al esperado en todas las galeras. Por otro lado, se obtuvo un mejor costo por kg en el tratamiento vs el control con una diferencia de ¢ 2,27.

Para la GPD las aves exceden este parámetro en la cuarta semana y se supera el incremento en peso desde la primera hasta la cuarta semana. El peso del pollito y su incremento en peso adecuado al finalizar la primera semana indica que, el manejo durante esa semana fue el correcto aunado a una buena calidad de pollito, estos indicadores sugieren el peso del ave al final del ciclo será el esperado de acuerdo al peso inicial.

Cuadro 14. Parámetros zootécnicos obtenidos en aves suplementadas con muramidasa, prueba de campo 2 en Granja 1, semana 1 – 5

Semana			1	2	3	4	5
Mortalidad acumulada (%)	Galera	Esperado	1,00	-	-	-	>4
	G 1 - 1	Tratamiento	2,86	4,82	6,28	6,66	7,82
	G 2 - 1	Control	1,62	3,02	4,13	4,69	5,12
	G 2 - 2	Control	1,81	3,34	5,2	5,71	6,50
	G 3 - 1	Tratamiento	2,23	3,59	4,31	4,85	5,36
Peso (g)		Esperado	193	528	1018	1615	2273
	G 1 - 1	Tratamiento	189	500	969	1609	2030
	G 2 - 1	Control	190	513	1025	1640	2030
	G 2 - 2	Control	185	468	946	1572	1960
	G 3 - 1	Tratamiento	170	484	978	1684	2100
Consumo acumulado (g)		Esperado	145	541	1239	2209	3399
	G 1 - 1	Tratamiento	154	582	1265	2343	3183
	G 2 - 1	Control	155	577	1232	2237	3183
	G 2 - 2	Control	140	532	1213	2117	3028
	G 3 - 1	Tratamiento	132	574	1216	2159	3238
Conversión Alimenticia		Esperado	0,76	1,03	1,22	1,37	1,500
	G 1 - 1	Tratamiento	0,81	1,16	1,31	1,46	1,568
	G 2 - 1	Control	0,82	1,12	1,20	1,36	1,568
	G 2 - 2	Control	0,76	1,14	1,28	1,35	1,545
	G 3 - 1	Tratamiento	0,78	1,19	1,24	1,28	1,542
GPD (g)		Esperado	28,00	48,00	70,00	85,00	94,00
	G 1 - 1	Tratamiento	27,00	44,43	67,00	91,43	60,14
	G 2 - 1	Control	27,14	46,14	73,14	87,86	60,14
	G 2 - 2	Control	26,43	40,43	68,29	89,43	45,71
	G 3 - 1	Tratamiento	24,29	44,86	70,57	100,86	59,43
Incremento de peso		Esperado	4,00	2,73	1,92	1,58	1,40
	G 1 - 1	Tratamiento	4,09	2,65	1,94	1,66	1,26
	G 2 - 1	Control	4,32	2,70	2,00	1,60	1,26
	G 2 - 2	Control	4,11	2,53	2,02	1,66	1,20
	G 3 - 1	Tratamiento	4,42	2,85	2,02	1,72	1,34

Pesos y consumos corresponden a promedios

GPD = Ganancia diaria de peso.

Valores esperados tomados de Cobb-Vantress (2018)

Los pollitos a los 7 días deben obtener un incremento en peso de 4 - 5 veces su peso inicial y una mortalidad menor a 1 % (Cobb-Vantress 2008; Cobb-Vantress, 2013c). El peso meta indicado por Cobb-Vantress (2018) es de de 193 g la primera semana. En los Cuadros 12 y 14 se muestran los pesos y el incremento en peso de las aves a los 7 días, al igual que la mortalidad, se puede observar que ninguno de los lotes alcanzó el peso promedio estipulado por la casa genética, ni la mortalidad requerida, durante la primera y segunda prueba de campo. En cuanto a incremento en peso, la partida 2 obtuvo el mejor resultado, con incrementos en peso superiores a 4 veces su peso inicial.

Se puede decir que el rendimiento de las aves durante la primera semana dependió de muchos factores, tales como la calidad del pollito, el manejo en el transporte a las granjas, y el manejo general en granja. En la primera partida debido a complicaciones propias de la empresa en cuanto a calidad de pollito, hubo mortalidad por selección de aves con bajo peso a la tercera semana. Sin duda esta situación afectó el peso y la ganancia de peso de la parvada.

Cuadro 15. Rendimientos zootécnicos promedio de pollos de engorde suplementados con la enzima muramidasa comparados con el control en Granja 1 durante la prueba 2

Parámetro	Tratamiento	Control	Diferencia
Aves ingresadas	67.055	27.839	39.216
Saldo de aves	63.328	26.030	37.298
Edad (días)	33,73	33,00	0,73
Peso promedio (kg)	2,071	1,960	0,111
GPD (kg)	0,061	0,059	0,002
Mortalidad (%)	5,56	6,50	-0,94
Conversión	1,550	1,545	0,005
*Conversión ajustada	1,514	1,537	-0,023
IPE	371,71	359,56	12,15
Costo/kg (¢)	-	-	-2.27

Fuente: Estándares Granja 1

*Fórmula utilizada por la empresa IPE = índice de eficiencia productiva

De igual manera se puede observar en el Cuadro 14 que, la GPD no alcanzó el rendimiento esperado por la casa genética, solamente un par de ocasiones. Sin embargo, la GPD obtenida al final del ciclo fue de 0,061 kg vs 0,059 kg en el tratamiento y el control, respectivamente (Cuadro 15). En lo que concierne al incremento en peso, fue superior en el tratamiento con muramidasa que en el control en todas las semanas a excepción de la última. Por otro lado en cuanto al IPE, el mayor lo obtuvo el tratamiento con muramidasa en comparación con el control (371,71 vs 359,56, respectivamente). Esto indica que tomando en cuenta la mortalidad, peso del animal, edad y conversión alimenticia, el lote suplementado con la enzima tuvo mejor rendimiento en general en comparación con el control.

Para los porcentajes de mortalidad, la mortalidad más alta la obtuvo el control con un 6,50% comparada con el tratamiento de muramidasa que obtuvo un 5,56%, con una diferencia de casi un 1% (Cuadro 15). En el Cuadro 14 es más notable la diferencia de la mortalidad en el control vs los tratamientos, esto en las últimas 3 semanas del ciclo productivo, a excepción de uno de los tratamientos que obtuvo una mortalidad más alta que las demás galeras durante todo el ciclo productivo. Para dar una conclusión certera sobre la razón de la mortalidad de esta galera se debe dar trazabilidad a los lotes desde la granja de reproductoras y planta de incubación, debido a que la mortalidad es afectada por diversos factores.

En el estudio realizado por Yegani et al. (2018), en donde evaluaron los efectos de la adición de muramidasa en dietas de pollo de engorde, se indicó que, la mortalidad no presentó diferencias significativas al final del ciclo productivo, en donde el control obtuvo un 0,875% de mortalidad y el tratamiento con muramidasa un 1,063%.

Al evaluar los resultados obtenidos en cuanto a peso vivo, se mostró que, el tratamiento con muramidasa obtuvo un mayor peso en comparación con el control 2,071 kg vs 1,960 kg (Cuadro 15) respectivamente; esta diferencia se puede notar mucho mejor a partir de la segunda semana de vida de las aves (Cuadro 14). Estos resultados fueron consistentes con lo observado en los

estudios de Bittencourt et al. (2018) y Yegani et al. (2018). En donde los primeros autores utilizaron dos tratamientos con muramidasa (a diferentes niveles) y un control, hallando un mejor rendimiento en cuanto a peso vivo en las aves que fueron suplementadas con muramidasa a un nivel más alto (3400 g), en contraste con el control (3270 g).

Por su parte, Yegani et al., (2018) reportaron efectos positivos con diferencias significativas en cuanto al peso al final en el ciclo de 2246 g para el tratamiento con muramidasa y 2138 g para el control. Los efectos positivos sobre el rendimiento se pueden atribuir a que la muramidasa genera un equilibrio de la funcionalidad gastrointestinal; este se refleja en mejor aprovechamiento de los nutrientes de la dieta, y menor gasto energético, resultando en mejores rendimientos de la parvada (Cardoso- Bittencourt y Pérez - Calvo, 2018; Beirao et al., 2018).

Bittencourt et al., (2018) encontraron que la mayor conversión alimenticia se logró con el control (1,68) vs el tratamiento (1,59). Por otro lado Yegani et al., (2018) obtuvieron una CA de 1,639 en el tratamiento con muramidasa vs 1.681 en el control, ambos estudios con diferencias significativas. La prueba de campo presentó una tendencia similar, resultando en una CA de 1,514 vs 1,537 para el tratamiento y control respectivamente; hubo una diferencia de 2,3 puntos entre el control con respecto al tratamiento.

Las dietas en el estudio de Bittencourt et al., (2018) fueron enriquecidas con carotenoides, las aves suplementadas con niveles más altos de muramidasa obtuvieron niveles más altos de carotenoides en sangre comparado con el control, 4,38 vs 3,57 mg/L. Sugiriendo mejor funcionabilidad digestiva al fomentar la absorción de nutrientes, aumentar la eficiencia de la alimentación. Por lo tanto, contribuyendo al aumento del crecimiento, lo cual se ve reflejado en una mejor la conversión alimenticia. La muramidasa cataliza específicamente la degradación de peptidoglicanos (PGNs). Los resultados de la utilización de la enzima indican que la ganancia de peso y la mejora en la conversión alimentaria surgen de la

destrucción de PGNs en los residuos de bacterias muertas (Klausen y Ward, 2018).

Los PGNs son polímeros de aminoácidos y carbohidratos, estos se alternan entre el N-acetil glucosamina (NAG) y N-acetil murámico (NAM), unidos por péptidos de cadena corta, los aminoácidos forman una malla bidimensional y tridimensional (Ward y Cowieson, 2018). Brinda una estructura fuerte a la pared celular que ofrece rigidez y forma definida a las células bacterianas. Además, son los componentes principales de los residuos celulares bacterianos, y se liberan constantemente en el TGI a medida que las bacterias se dividen y mueren (Watt Poultry, 2018).

De acuerdo con Celi (2018) el 30% del total de la masa bacteriana del intestino corresponde a fragmentos bacterianos los cuales dejan al descubierto los PGNs, estos fragmentos se generan luego de la muerte y descomposición de las bacterias. Por otro lado, se debe enfatizar que la acumulación de los fragmentos de PGNs en la mucosa intestinal provoca una mala absorción de nutrientes, debido a que dañan los enterocitos, se aumenta la permeabilidad intestinal, la translocación bacteriana y la absorción de endotoxinas como amoníaco, D-lactato y PGNs².

Adicionalmente, los fragmentos bacterianos desatan un proceso inflamatorio al igual que lo puede hacer una bacteria viva. Este proceso es consecuencia de la interacción entre las células inmunitarias con los PGNs. Las citoquinas son las responsables de establecer la comunicación de todas las células del sistema inmunológico; las cuales envían la información al cerebro, y este responde remitiendo más células para atacar la infección. Lo anterior indica que los PGNs alteran los procesos digestivos normales de las aves, desviando los nutrientes y la energía del crecimiento hacia procesos de respuesta inmune². Su et al., (2015) indican que la desregulación del transporte de nutrientes es esperado y, tiene efecto negativo en la ganancia de peso debido a una infección.

² Mata, M. 2018. Peptidoglicanos enemigo oculto de la avicultura. (Comunicación personal) Belén, Costa Rica. DSM Nutritional Products.

Por otra parte, las bacterias no patógenas gram positivas o gram negativas, generan una respuesta inflamatoria muy leve, en comparación con las patógenas. A las bacterias gram negativas se le puede atribuir la baja respuesta inflamatoria debido a que, están formadas principalmente por lipopolisacáridos y cuentan con solo un 10% de PGNs (Ward y Cowieson, 2018), al contrario de las bacterias gram positivas en las cuales la pared celular está formada por un 90 % PGNs. Siendo las bacterias gram positivas las que pueblan el 75 % del TGI de las aves (Watt Poultry, 2018), entre las más comunes que colonizan el intestino delgado se encuentran: Lactobacilos, Estreptococos, Clostridium, y gram negativas están las Enterobacterias, Fusobacterias y otras Eubacterias (Klausen y Ward, 2018).

Análisis de calidad de cama y lesiones plantares

Como últimos puntos de la prueba de campo se llevaron a cabo, el análisis de calidad de cama y el análisis de lesiones plantares. Ambos realizados al día 34 del ciclo productivo. La revisión de las camas se efectuó desde las entradas de aire hacia los extractores, el resultado se puede observar en los Cuadros 16 y 17.

El análisis de calidad de cama mostró que el 75% de los lugares revisados debajo de los bebederos se encontraban con la cama húmeda, con puntajes entre 2 - 4. Se pudieron notar varias fugas en los nipples lo que provocaba cama húmeda en algunos sectores de la galera. La cama húmeda debajo de los bebederos indica que estos están colocados muy bajos o que la presión es muy alta (Cobb- Vantress, 2005). Como parte de la reparación de los nipples, los encargados de granja cambiaron algunos reguladores de presión para controlar el problema. En cuanto a entradas y salidas, se encontró el 64% camas secas con puntajes entre 0 - 1, notándose las camas un poco más secas cerca de los extractores, por lo general esta es una zona un poco más caliente como se puede ver en el Cuadro 10, lo que provoca camas más secas.

Cuadro 16. Análisis de calidad de cama en Granja 1 a la edad de 34 días, utilizando en el protocolo estándar de DSM, basado en Welfare Quality® 2009

Lugares revisados			1	2	3	4	5	6	7
	Galera								
Debajo de comederos	G 1-1	Tratamiento	0	0	0	0	0	0	0
	G 1-2	Tratamiento	0	0	0	0	0	0	0
	G 2-1	Control	0	0	0	0	0	0	0
	G 3-1	Tratamiento	0	0	0	0	0	0	0
Debajo de bebederos	G 1-1	Tratamiento	1	4	4	4	3	1	1
	G 1-2	Tratamiento	2	1	3	3	1	1	3
	G 2-1	Control	3	4	3	3	2	3	3
	G 3-1	Tratamiento	4	4	4	3	1	3	4
Entradas y salidas	G 1-1	Tratamiento	0	4	4	4	3	1	1
	G 1-2	Tratamiento	1	1	3	3	1	1	1
	G 2-1	Control	1	1	1	1	1	1	0
	G 3-1	Tratamiento	4	4	4	4	1	0	1

G = Galera

0 = Completamente seca, se mueve fácilmente con el pie.

1 = Seca pero no se mueve fácil con el pie.

2 = Se deja huella al caminar, se forman pelotas-bolas si es compactada, pero .estas pelotas se deshacen fácilmente.

3 = Se pega a las botas y las pelotas se mantienen compactas.

4 = Se adhiere a las botas una vez que se rompe la capa o la corteza compacta.

En la revisión de lesiones plantares se halló un 74% de las aves sin pododermatitis en la galera control, en las galeras con tratamiento (G1 y G3) obtuvieron 75 y 52 % sin lesiones plantares, respectivamente. Se notó una reducción de 3% en cuanto a lesiones plantares, con puntaje 2, esto en galeras con calidad de cama similares. La galera con tratamiento (G1) obtuvo un 7%, en

comparación con el control (G2) que obtuvo un 10% de incidencia en lesión plantar tipo 2.

Cuadro 17. Análisis de lesiones plantares y su gravedad realizada en Granja 1, utilizando en el protocolo estándar de DSM, basado en Welfare Quality® 2009

Galera	Cantidad aves (%)	Gravedad	Puntaje
Tratamiento (Galera 1)	75	A	0
	18	B	1
	7	B	2
Control (Galera 2)	74	A	0
	16	B	1
	10	B	2
Tratamiento (Galera 3)	52	A	0
	19	B	1
	29	B	2

A = sin evidencia de lesión plantar, puntaje 0

B= evidencia mínima de dermatitis plantar, puntaje 1 y 2

C= evidencia de dermatitis plantar, puntaje 3 y 4

Es importante asegurar la calidad de la cama, ya que está directamente relacionada con la pododermatitis, entre más húmeda se encuentre la cama más probabilidades de lesiones plantares (Aviagen, 2014). La galera 3 poseía la cama más húmeda y con más lesiones plantares. Además de la altura y la presión de los bebederos se debe tomar en cuenta la densidad animal, la HR y la velocidad del viento. En el Cuadro 9 se puede evidenciar que la galera 3 presenta una mayor densidad (34,90 Kg/m²) comparado con el resto de galeras (31,66 y 28,27 Kg/m²).

En cuanto a la HR y la velocidad del viento, la galera 3 contó con velocidades máximas entre 418 – 488 ft/min, una HR aproximada del 76 % (ver

Cuadro 10). La HR alta superior al 70% hace que se disminuya la cantidad de evaporación de agua y, para poder controlar la HR y reducirla por debajo del 70%, es necesario mantener la velocidad del aire 475 ft/min (Cobb-Vantress, 2005). Se puede atribuir estos parámetros a ventilación mínima en la noche en aves con edades superiores a 14 días y a la sincronización de las entradas de aire.

Cabe mencionar la presencia de bancos de niebla durante la noche y en las primeras horas de la mañana. Sin duda todos los aspectos anteriores afectan tanto la calidad de la cama como la incidencia de pododermatitis. Se puede decir que la calidad de la cama no se vio influenciada por el uso de muramidasa sino por el manejo propio de cada una de las galeras.

Prueba de campo 3: valoración del impacto sobre el rendimiento del pollo de engorde expuesto a un transporte y ayuno prolongado.

Durante el período de la práctica profesional, la Granja 2, ubicada en Orotina recibió pollitos provenientes de un país vecino. Por lo que se decidió monitorear dichos lotes para determinar el impacto del transporte terrestre y un ayuno prolongado, tomando en cuenta diferentes parámetros zootécnicos. Estos lotes fueron ubicados en dos galeras, las cuales fueron comparadas con un lote de pollo nacional.

La prueba se monitoreó en su totalidad y se generó la información requerida por la empresa para la toma de decisiones, sin embargo, por efectos de confidencialidad la empresa no avaló la presentación de los datos obtenidos.

3.4. Actividades Planta de procesamiento

Como parte de las pruebas de campo se realizaron pruebas de rendimiento cárnico, estas son mostradas en el Cuadro 18. Para la primera prueba de campo el control fue una granja vecina y el tratamiento fue Granja 1, para la segunda prueba de campo se contó con control (Galera 2) y tratamiento (Galeras 1 y 3) en la misma granja.

En la primera prueba de rendimiento cárnico se obtuvo mayor rendimiento para los machos tratados con el complejo enzimático de muramidasa en contaste con los machos control (72,08 % y 71,45 %, respectivamente). En cuanto a las hembras se obtuvo mayor rendimiento para las hembras control en comparación con las hembras del tratamiento 72,90% y 70,60% respectivamente. De acuerdo con el manual de rendimiento y nutrición para pollo de engorde Cobb-Vantress (2018), ninguno de los animales evaluados lograron alcanzar lo estipulado por la casa genética. Sin embargo, no se pueden generar conclusiones certeras en cuanto al rendimiento cárnico, puesto que la muestra de comparación que fungió como control proviene de una granja diferente.

Cuadro 18. Prueba de rendimiento cárnico obtenido en la planta de procesamiento, para la primera y segunda prueba de campo en granja 1.

				Rendimiento cárnico obtenido (%)	Rendimiento cárnico esperado (%)
Prueba 1					
Tratamiento	Machos de 2529	(g)		72,08	73,55
	Hembras de 2528	(g)		70,60	74,44
Control	Machos de 2772	(g)		71,45	74,23
	Hembras de 2158	(g)		72,90	73,37
Prueba 2					
Tratamiento	Machos de 2306	(g)		72,74	72,89
	Hembras de 2059	(g)		72,29	73,04
Control	Machos de 2152	(g)		69,58	72,42
	Hembras de 1853	(g)		69,22	72,34

Pesos corresponden a promedios

Por otro lado, los resultados obtenidos en la segunda prueba de rendimiento, mostró rendimientos cárnicos superiores para las aves que fueron suplementadas con el complejo enzimático de muramidasa tanto en hembras como en machos (machos: 72,74%; hembras: 72,29%), con respecto al control, (machos: 69,58%; hembras: 69,22%) con una diferencia superior a 3 %.

3.5. Actividades Planta de alimento

Se realizó una prueba de mezclado de muramidasa en la planta de alimento. El bache fue elaborado en una mezcladora horizontal con un tiempo de mezclado de tres minutos. Se fabricaron 68 quintales de alimento fase 3 a los cuales se les añadió 1409 g de BalanciusTM, lo cual corresponde 450,45 g/ton de muramidasa, (dosis recomendada 450 g/ton). Se recolectaron 15 muestras de aproximadamente 1300 g, se realizó un cuarteo, posteriormente se tomaron 10 sub muestras de 500 g cada una, las cuales fueron entregadas a DSM Nutritional Products Costa Rica. Las muestras fueron enviadas a los laboratorios Biopract GmbH en Alemania para la recuperación de muramidasa. Los resultados de todas las muestras revelaron estas muestras contaban con la cantidad adecuada de muramidasa.

CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El manejo del ambiente controlado es un quehacer multifactorial que depende de diversos factores climáticos como: temperatura ambiental, humedad relativa, velocidad del viento tanto dentro como fuera del galpón.

Para obtener un buen rendimiento en las parvadas es necesario un manejo integral tomando en cuenta aspectos nutricionales, bienestar animal, infraestructura, transporte, manejo adecuado en granja de reproductoras, en granja de engorde e incubadora, además del apropiado manejo en el faenado del ave.

Los rendimientos en el proceso de incubación dependen de la edad de las reproductoras, del manejo propiamente en la granja de reproductoras y en la incubación; esto determina la calidad del pollito y por ende, gran parte del rendimiento en las granjas de engorde.

Los lotes de aves tratados con muramidasa obtuvieron mejores rendimientos en cuanto peso, conversión alimenticia ajustada, mortalidad y rendimiento cárnico al final del ciclo productivo. Sin embargo se debe valorar la opción de realizar otra prueba de campo para corroborar dichos datos.

Se evidenció que, bajo condiciones no experimentales, la adición de muramidasa ayudó a reducir en un 3% las lesiones plantares grado 2 bajo condiciones similares de calidad de cama.

El uso del complemento enzimático de muramidasa se perfila como un complemento para contribuir con el alza de los rendimientos zootécnicos, sin embargo se debe tomar en cuenta que, este aditivo no soluciona las deficiencias en los programas de bioseguridad, manejo general en granja y calidad de pollito que se puedan encontrar en el sistema de producción.

Recomendaciones

Asegurar la correcta sujeción de las cercas anti migratorias, para impedir el paso de aves hacia otros sectores de la galera, evitando un gasto innecesario de la energía de actividad y, asimismo la mezcla de aves de diferentes lotes.

Realizar al menos un chequeo de buchets por lote luego del recibo, para cerciorarse de la adecuada alimentación de las aves, y no guiarse solamente por la actividad de la parvada.

Chequear el comportamiento de las aves durante la madrugada, para determinar si la ventilación mínima es la adecuada a utilizar.

Brindar una capacitación completa sobre la utilización de equipo tecnológico nuevo y, como solucionar dificultades relacionados con la automatización de galeras. Así disminuir el tiempo para la resolución de los contratiempos.

Colocar un silo adicional en cada galera para evitar la mezcla de alimento de diferentes fases, y así evitar cambios en la densidad de nutrientes de la dieta.

Dado que no se pueda realizar la compra de un segundo silo para cada galera, se debe hacer una mejor coordinación en los pedidos de alimento balanceado para evitar que las diferentes fases se mezclen en el silo, ya que esto puede afectar el rendimiento de la parvada.

Insistir en el correcto mantenimiento de los extractores de las galeras, específicamente de las fajas de los mismos, dado que su deterioro afecta directamente el adecuado recambio de aire, comprometiendo la eliminación de gases nocivos, la humedad y el calor.

Evaluar, la inserción de una persona más para el chequeo de la calidad en las plantas incubadoras, puesto que esta actividad solamente la realiza una persona tanto para la incubadora de Orotina como para la de Palmares.

LITERATURA CITADA

- Abad, J.C; Sarabia, J; Novoa, S; Frikha, M; Guerra, C; Muñoz, J. 2019. Clasificación de los huevos no incubables de las reproductoras. *AviNews*. 37: 47-56.
- Asociación Latinoamericana de Avicultura. 2019. Estadísticas. Consumo per cápita de carne de pollo. Producción. Consultado el 08 de Octubre 2019. Disponible en: <https://www.avicolatina.com/estadisticas/pollo/produccion>.
- Aguilar-García, C.C. 2016. Evaluación del efecto de galeras tipo túnel sobre parámetros productivos utilizando dos diferentes densidades de pollo de engorde. Tesis. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Alpízar-Bonilla, J.G. 2012. El uso de subproductos industriales en los alimentos para aves y cerdos. *UTN Informa*. 59: 50-54.
- Arita, J.S; Figueroa, L.A. 2014. Medición diaria de parámetros productivos en pollos de engorde provenientes de cuatro edades de reproductoras Arbor Acres Plus®. Tesis de Licenciatura. Zamorano, Honduras. Universidad de Honduras.
- Ashash, U; Michael, A. 2018. Una nueva visión de la enfermedad infecciosa de la bolsa. *Inmunosupresión. Industria Avícola*. 65 (12): 30-32.
- Aviagen. 2002. Manual de manejo de pollo de engorde. Huntsville. USA. p. 62-90.
- Aviagen. 2009a. Manual del ambiente en el galpón de pollo de engorde. Generalidades: Objetivo y Métodos del Manejo Ambiental. Huntsville. USA. p. 1-17.
- Aviagen. 2009b. Guía de manejo del pollo de engorde. Producción de carne de pollo de buena calidad. Huntsville. USA. p. 9-48.

- Aviagen. 2010. Investigación de las prácticas de incubación. Huntsville. USA. p. 12 - 21.
- Aviagen. 2011a. Manual de manejo de abuelos: pollos de engorde. Huntsville. USA. p. 26-28
- Aviagen. 2011b. Cómo... Incubadora. Medir la pérdida de agua en los huevos. Identificar huevos fértiles y mortalidades tempranas. Medir el rendimiento del pollo. Medir la temperatura del cascarón. Realizar un embriodiagnóstico. Huntsville. USA. p. 1-30.
- Aviagen. 2013. Manual de manejo de la reproductora. Requisitos medioambientales. Ventilación e iluminación. Huntsville. USA. p. 111-131.
- Aviagen. 2014. Manual de manejo del pollo de engorde. Producción de pollo de engorde. Huntsville. USA. p. 11-14, 40, 52-55, 71-96, 107-110.
- Aviagen. 2017. Objetivos de rendimiento para pollo de engorde. Huntsville. USA. p. 7.
- Aviagen. 2018. Consejos para la incubadora. Uso de la temperatura cloacal para manejar la temperatura en sala de permanencia de pollitos. Huntsville. USA. p. 10, 15, 24.
- Awad, W.A; Aschenbach, J.R; Ghareeb, K; Khayal, B; Hess, C; Hess, M. 2014. *Campylobacter jejuni* influences the expression of nutrient transporter genes in the intestine of chickens. *Vet. Microbiol.* 172:195–201.
- Bagust, T. 2008. Revisión del desarrollo avícola. Salud de las aves de corral y control de enfermedades en los países en desarrollo. FAO (Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura). p. 3.

- Baracho, M.S; Camargo, G.A; Lima, A.M.A; Mentem, J.F; Moura, D.J; Moreira, J; Naas, I.A. 2006. Variables impactin poultry meat quality from production to pre-slaughter: a review. Production and management. Health. Brazilian Journal of Poultry Science. 8(4): 201-212.
- Barger, K. 2016. Pododermatitis en pollos: causas y control. AviNews. 19: 17-20.
- Barragán-Cos. 2004. Estrés térmico en aves. Medio ambiente. Secciones Avícolas. p. 423-426.
- Barroeta, A.C; Izquierdo, D; Pérez, J.F. 2011. Manual de avicultura. Manual de aproximación a la empresa avícola para estudiantes de veterinaria. Esquema de la estructura de la industria avícola. p. 3.
- Beirao, B.C.B; Caron, L.F; Fascina, V.B; Ingberman, M. Caron, L.P. 2018. Peptidoglicanos: cuáles son sus efectos en los pollos de engorde. Indústria Avícola. 65 (2): 16 – 17.
- Bergoug, H; Guinebretiere, M; Tong , Q; Roulston, N; Romanini, C.E.B; Exadaktylos, V; Berckmans, D; Garain, P; Demmers, T.G.M; McGonnell, M; Bahr, C; Burel, C; Eterradosi, N; Michel, V. 2013. Effect of transportation duration of 1-day-old chicks on postplacement production performances and pododermatitis of broilers up to slaughter age. Poultry Science. 92: 3300–3309.
- Bittencourt, L; Hermes, R; Fascina, V; Garcez, D; Calvo, E. 2018. A novel muramidase improves broilers performance via higher nutrient utilization. International Poultry Scientific Forum. Simposia and oral sessions. Atlanta. Georgia.
- Cardoso- Bittencourt, L; Pérez – Calvo, E. 2018. Equilíbrio da funcionalidade gastrointestinal, resultados em produtividade. Para que as aves desempenhem o máximo potencial produtivo é necessário que o trato gastrointestinal (TGI) esteja em plena funcionalidade e equilibrio.

Informativo Técnico Comercial. A Revista do AviSite. DSM Produtos Nutricionais. p. 54 – 55.

Celi, P. 2018. Residuos en el intestino: Petidoglicanos de origen bacteriano. Consultado el 18 de diciembre 2018. Disponible en: <https://www.dsm.com/anh/es/feedtalks/gastrointestinal-functionality/waste-in-the-gut.html>.

Clements, M. 2018. How to properly implement Poultry farm biosecurity plans. Poultry International. 57 (12): 26-36.

Cobb-Vantress. 2005. Guía de manejo de pollo de engorde. Arkansas. USA. p. 10, 16, 36 - 42.

Cobb-Vantress. 2008. Guía de fundamentos de crianza Cobb-500. Arkansas. USA. p. 2 – 10.

Cobb-Vantress. 2013a. Logrando altos rendimientos. De la incubadora a la planta de proceso. Arkansas. USA. p. 3-12, 15 – 24.

Cobb-Vantress. 2013b. Guía de manejo de la incubadora. Arkansas. USA. p. 1 - 20.

Cobb-Vantress. 2013c. Desarrollo óptimo del pollo de engorde. Una guía práctica para asegurar el correcto desarrollo inicial del pollo. Arkansas. USA. p. 1 – 39.

Cobb-Vantress. 2013d. Broiler management guide. Nutrition Management. Housig desing. Arkansas. USA. p. 1 - 9.

Cobb-Vantress. 2013e. Guía de manejo de pollo de engorde. Arkansas. USA. p. 1, 48-51.

Cob-Vantress. 2018. Broiler performance & nutrition supplement. Cobb 500. Nutrient recommendations. Performance objectives. Yield performance. Arkansas. USA. p. 2, 9, 11.

- de Jong, I.C; van Riel, J; Bracke, M.B.M; van den Brand, H. 2017. A 'meta-analysis' of effects of post-hatch food and water deprivation on development, performance and welfare of chickens. PLOS ONE 12(12).
- EFSA (European Food Safety Authority). 2011. Scientific Opinion Concerning the Welfare of Animals during Transport. Poultry transport. EFSA Journal. 9(1):1966.
- Estrada-Pareja, M.M; Márquez-Girón, S.M; Restrepo-Betancur, L.F. 2007. Efecto de la temperatura y la humedad relativa en los parámetros productivos y la transferencia de calor en pollos de engorde. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 20:288-303.
- FAO (Food and Agriculture Organization of United Nations). 2018. Gateway to poultry production and products. Products and processing. Consultado el 10 de diciembre 2018. Disponible en: <http://www.fao.org/poultry-production-products/products-processing>.
- Fakruddin, M. 2017. Thermostable enzymes and their industrial application: A review. Discovery. 53:147–157.
- Forbes, B.A; Sahm, D.F; Weissfeld, A.S. 2007. Diagnóstico Microbiológico. Editorial Médica Panamericana. España. Madrid. p. 81 - 83.
- Garrido-Pertierra, A; Teijón-Rivera, J.M; Blanco-Gaitán, D; Villaverde-Gutiérrez, C; Mendoza-Oltras, C; Ramírez-Rodrigo, J. 2006. Fundamentos de bioquímica estructural. Enzimas reguladoras. Editorial Tébar. S.L. Madrid. España. p. 237.
- Gómez, JE. 2017. Producción de carne de pollo. Estatus de la Industria Costa Rica 2017. Asociación Latinoamericana de plantas de rendimiento. V Congreso Latinoamericano. Cartagena. Colombia.
- Hill, D. 2016. La importancia de mantener homogéneo el microclima en las incubadoras y nacedoras. AviNews. 19: 51-54.

- Incharoen, T; Jomjanyouang, W; Preecha, N. 2015. Effects of aqua agar as water replacement for posthatch chicks during transportation on residual yolk-sac and growth performance of young broiler chickens. *Animal Nutrition* 1: 310-312.
- Industria Avícola. 2018. DSM y Novozymes lanzan muramidasa microbiana en México. Consultado el 13 de diciembre 2018. Disponible en: <https://www.industriaavicola.net/nutricion-y-fabricacion-de-alimentos-balanceados/dsm-y-novozymes-lanzan-muramidasa-microbiana-en-mexico/>.
- Jacobs, L; Delezie, E; Duchateau, L; Goethals, K; Ampe, B; Lambrecht, E; Gellynck, X; Tuytens, K.A.M. 2016. Effect of post-hatch transportation duration and parental age on broiler chicken quality, welfare, and productivity. *Animal well-being and behavior. Poultry Science*. 95: 1973-1979.
- Julian, R.J. 2002. Sistema Cardiovascular de las aves. Asociación Americana de patología en aves. Conferencia. Universidad de Guelph. Ontario. Canadá.
- Khosravinia, H; Manafi, M. 2016. Broiler chicks with slow-feathering (K) or rapid-feathering (k+) genes: Effects of environmental stressors on physiological adaptive indicators up to 56 h Posthatch. *Poultry Science* 95:1719–1725.
- Klausen, M; Ward, N.E. 2018. Peptidoglycans and Gastrointestinal Functionability in Broilers. Consultado el 19 de diciembre 2018. Disponible en: <https://www.dsm.com/anh/en/feedtalks/gastrointestinal-functionality/peptidoglycans-gastrointestinal-functionality-broilers.html>.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). 2013. Reglamento Sanitario y de Inspección Veterinaria de Establecimientos de Sacrificio y Procesadores de Aves. Diario Oficial La Gaceta, Costa Rica. No. 46 Mar. 6.

- Miranda-Guzmán, S. 2017. Manejo de los pollitos de engorde durante la primera semana "Broiler brooding time": Los cinco aspectos fundamentales. UTN Informa. 78: 14-16.
- Mitchell, M.A. 2009. Chick Transport and Welfare. Avian Biology Research. 2: 99-105.
- Mora-Brautigan, I. 2002. Nutrición Animal. Concepto e importancia de la nutrición. Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. p 13.
- Moreno-Martínez, J.A. 2011. Diseño de explotación. Instalaciones para pollo de engorde. Selecciones avícolas. p. 13 - 20.
- Nilipour, A.H. 2009. Efecto del transporte y recepción del pollito en granja sobre la productividad. Consultado 4 de abril de 2019. Disponible en: <https://www.wattagnet.com/articles/3016-efecto-del-transporte-y-recepcion-del-pollito-en-granja-sobre-la-productividad>.
- Nilipour, A.H. 2011. ¿Cómo alimentar los pollos modernos de hoy?. A qué edad se deben cambiar las raciones y cuantas se pueden usar. UTN Informa. 56: 12-15.
- Nilipour, A.H. 2012. Los cuatro factores más importantes que afectan el rendimiento del pollo de engorde (broiler) moderno. UTN Informa. 62: 62-65.
- OIE (World Organization for Animal Health). 2008. Manual of diagnostic tests and vaccines. Avian Mycoplasmosis (*Mycoplasma gallisepticum*). Paris. Francia. p. 482 – 483.
- OIE (World Organization for Animal Health). 2018. Código Sanitario para los animales terrestres. Sacrificio de animales. Volumen I. Capítulo 7.5. Consultado el 10 de Octubre 2019. Disponible en: <https://www.oie.int/es/normas/codigo-terrestre/acceso-en-linea/>.

- Ordoñez, M.I; Conde-Ramos, P; Arrebola-Molina, F.A. 2016. Bienestar animal en explotaciones de aves. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Sevilla. España. p. 27 -48.
- Peebles, E. D; Keirs, R. W; Bennett, L. W; Cummings, T. S; Whitmarsh, S. K; Gerard, P. D. 2005. Relationships Among Prehatch and Posthatch Physiological Parameters in Early Nutrient Restricted Broilers Hatched from Eggs Laid by Young Breeder Hens 1,2. Poultry Science. 84:454–461.
- Pírez, M; Mota, M. 2008. Temas de bacteriología y virología médica. Morfología y estructura bacteriana. p. 23-42.
- Poultry Service Association. 2017. Poultry handling and transportation manual. Ontario. Canada. p. 7, 19.
- Ravindran, V. 2010. Aditivos en la salud animal: presente y futuro. Enzimas exógenas. XXXVI Curso de especialización FEDNA. Madrid.
- Ros, J.M. 2016. Resultados productivos vs integridad intestinal. Crecimiento y desarrollo intestinal. AviNews. 19: 94-99.
- Quiroz-Romero, H. 2005. Parasitología y enfermedades parasitarias de animales domésticos. Coccidiosis en pollos. Editorial Limusa. México. DF. p 162-164.
- Rychen, G; Aquilina, G; Azimonti, G; Bampidis, V; Bastos, M; Bories, G; Chesson, A; Flachowsky, G; Gropp, J; Kolar, B; Kouba, M; Lopez-Alonso, M; Lopez Puente, S; Mantovani, A; Mayo, B; Ramos, F; Saarela, M; Villa, R; Wallace, R; Wester, P; Brantom, P; Dierick, N.A; Herman, L; Glandorf, B; Kearenlampi, S; Aguilera, J; Anguita, M; Cocconcelli, P.S. 2018. Safety and efficacy of muramidase from *Trichoderma reesei* DSM 32338 as a feed additive for chickens for fattening and minor poultry species. Scientific Opinion. European Food Safety Authority Journal. 16 (7): 5342.

- Salas, C. 2013. Manejo adecuado del huevo incubable. Almacenamiento. UTN Informa. 66: 60-62.
- Salguero, S.C; Albino, L.F.T; Nogueira, E.T; Rostagno, H.S. 2011. Nutrición de precisión para pollos de engorde. Universidad Federal de Viçosa, UFV, Viçosa (MG). Animal Nutrition. São Paulo-Brasil.
- Sanmiguel-Plazas, R.A; Díaz- Ávila, V. 2011. Mecanismos fisiológicos de la termorregulación en animales de producción. Revista Colombiana de Ciencia Animal. 4(1):88-94.
- SENASA (Servicio Nacional de Salud Animal). 2013. Criterios técnicos para el decomiso de estados patológicos en aves. DIPOA-PG-013-INN-002 (A) Aves. Ministerio de Agricultura y ganadería, Costa Rica.
- Soto, C.E. 2012. Enzimas. ¿Por qué usar enzimas?. ADISSEO. UTN Informa. 59: 62-64.
- Stuart, J.C. 1990. Síndrome de ascitis – muerte súbita – neumonía. TECNA. p. 540-552.
- Su, S; Miska, K. B; Fetterer, R. H; Jenkins, M. C; Wong, E. A. 2015. Expression of digestive enzymes and nutrient transporters in Eimeria-challenged broilers. Exp. Parasitol. 150:13–21.
- Tan, B; Yin, Y. 2017. Environmental sustainability analysis and nutritional strategies of animal production in China. Annu. Rev. Anim. Biosci. 5:171–184.
- Vieira, S. 2012. Nutrición y Salud Animal. Cuidados esenciales para la realización de pruebas con enzimas exógenas. UTN Informa. 61: 20-23.
- Villa, A. 2009. Primera semana de vida del pollo. Producción de carne. Temperatura. Secciones Avícolas. p.7-11.
- Villanueva, C; Oliva, A; Torres, A; Rosales, M; Moscoso, C; González, E. 2015.

Manual de producción y manejo de aves de patio. CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). Turrialba. Costa Rica. p. 26 – 28.

Watt Poultry. 2018. Poultry Health & Disease. Industry News & Trends. Understanding threats to poultry performance. Consultado el 17 de diciembre 2018. Disponible en: <https://www.wattagnet.com/articles/35722-understanding-threats-to-poultry-performance>

Wright, C. 2010. La industria avícola costarricense. Consultado el 10 de diciembre 2018. Disponible en: <https://www.wattagnet.com/articles/5853-la-industria-avicola-costarricense>.

Wu, G. 2017. Principles of Animal Nutrition. Additives Feed. Enzyme Additives CRC Press, Taylor & Francis Group, FL, USA. p. 709-710.

Yegani, M; Turner, B; Frost, T; Mathis, G; Lumpkins, B. 2018. Evaluation of the efficacy of a novel muramidase on performance of broiler chickens. International Poultry Scientific Forum. Simposia and oral sesiones. Atlanta. Georgia.

Zavala, G. 2017. Control de calidad en la planta incubadora. Manejo y almacenamiento. AviNews. 23: 37-40.

Zaviezo, D. 2012. Consideraciones técnicas sobre la problemática de micotoxinas en aves. Ciencia y trabajo. 8(22): 154-158.

ANEXOS

Anexo 1. Muramidasa, lugar de acción del complejo enzimático, órganos involucrados.

Muramidasa

La muramidasa, es un complejo enzimático producido por una cepa del hongo *Trichodema reesei*, la cual fue modificada genéticamente. Este es un hongo mesófilo y filamentoso, tiene la capacidad de secretar grandes cantidades de enzimas (Rychen et al., 2018). Esta muramidasa es también conocida como N-acetilmuramidasa y tiene como función hidrolizar los PGNs entre el enlace beta-1,4-glicosídico entre ácido N-acetilmurámico y N-acetilglucosamina (Klausen y Ward, 2018) (Figura 3).

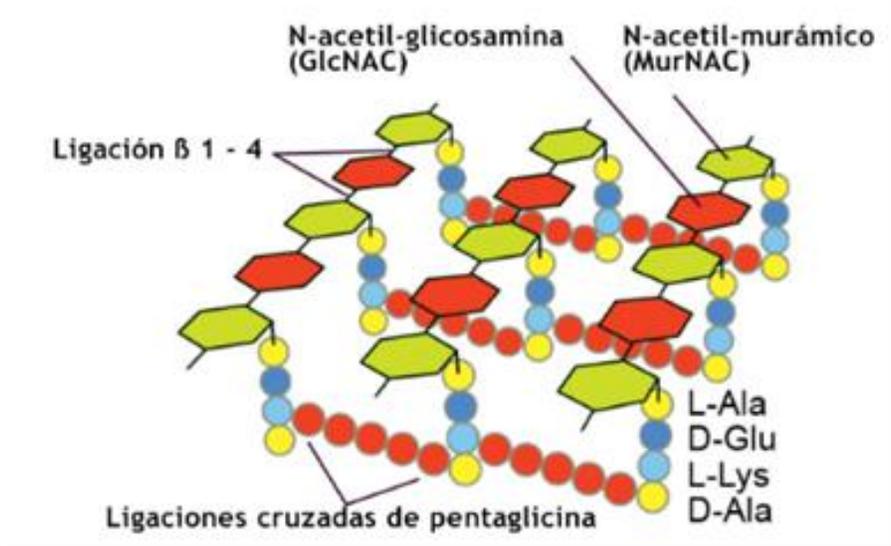


Figura 3. Estructura del polímero peptidoglicano

Fuente: Ward y Cowieson (2018)

Lugar de acción del complejo enzimático: TGI

En el tracto gastrointestinal (TGI) se lleva a cabo la digestión y absorción de nutrientes, estos procesos son mediados por enzimas que se encuentran en el lumen estomacal, intestino delgado y grueso (Wu, 2018). Las enzimas digestivas son sintetizadas y secretadas por el TGI, hígado y páncreas (proteasas, carbohidrasas y lipasas). Del mismo modo pueden no ser suficientes para el crecimiento y la eficiencia de la alimentación de los animales, por lo que se complementan las dietas con enzimas exógenas para mejorar la productividad (Tan y Yin, 2017).

De acuerdo con Wu (2018), la absorción de nutrientes se lleva a cabo en el intestino delgado, el cual es un órgano complejo y altamente diferenciado, está compuesto por 4 capas principales: 1) la mucosa, 2) la submucosa, 3) capa muscular, 4) la serosa, las cuales descansan sobre la lámina propia. Aparte de estas capas el TGI consta de vellosidades y criptas de Lieberkühn, la cripta se divide en células de Paneth, células madre o regenerativas. También se encuentran las células caliciformes, los enterocitos y las placas de Peyer (cúmulos de tejido linfático) las cuales se muestran en la Figura 4.

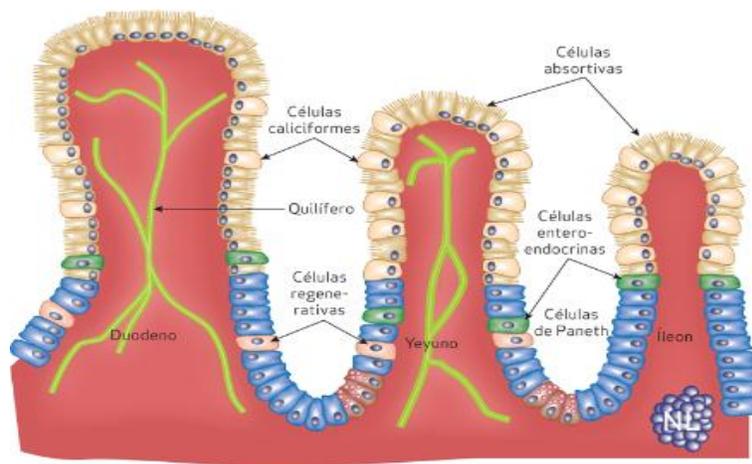


Figura 4. Células y diferentes estructuras que componen el intestino delgado

Fuente: Wu (2018)

Sistema Inmune del pollo de engorde: un apoyo para el TGI

La inmunidad pasiva ocurre cuando se da la transferencia de anticuerpos de la reproductora a la progenie, a través de la absorción de la yema, en cambio la inmunidad activa se desarrolla a través de las vacunas in-ovo, vacunas luego del nacimiento, vacunaciones de refuerzo y con la exposición a patógenos (Cobb-Vantress, 2008).

El cuerpo del ave tiene varios órganos que asisten al sistema inmune como lo son el bazo, la bolsa de Fabrizio, las amígdalas y el intestino delgado. El intestino contiene linfocitos intraepiteliales, fagocitos, macrófagos, entre otros, se dice que posee, aproximadamente un 75% de células inmunitarias (Ros, 2016), las cuales representan una barrera importante contra patógenos, siendo muy significativo como parte del sistema inmunológico del cuerpo (Awad et al., 2014).

Las células caliciformes presentes en el intestino delgado se activan con la flora intestinal o por factores externos como el alimento, son las células encargadas de la producción de mucus, estas se encuentran junto a los enterocitos y constituyen una barrera físico-química contra las bacterias patógenas. A pesar de todos los mecanismos de defensa que posee el cuerpo de las aves, los problemas gastrointestinales son una de las principales preocupaciones de la producción intensiva (Ros, 2016).

Anexo 2. Bacterias

Las bacterias son microorganismos unicelulares procariontes que se reproducen por fusión binaria, solo aproximadamente el 1% causan enfermedades a los seres vivos, estas bacterias patógenas viven a costa del huésped, causando trastornos en el órgano donde se encuentran, ya que liberan toxinas (Ordoñez et al., 2016). Existen dos grupos: las eubacterias y las arqueobacterias, este último se caracteriza por no tener peptidoglicanos, las arqueobacterias viven en condiciones ácidas, calientes y salinas, las eubacterias en cambio viven en el suelo, en el agua y en los organismos vivos; entre ellas se encuentran las bacterias de interés médico (Pérez y Mota, 2008).

Respecto a morfologías bacterianas las más comunes incluyen cocos (redondos), cocobacilos (ovoides), bacilos (forma de bastón), fusiformes (extremos puntiagudos), curvas o espiraladas. Por otro lado existe otra clasificación tomando en cuenta las estructuras bacterianas: gramnegativas y grampositivas; la membrana externa y el espacio periplasmático solo están presentes en las bacterias gramnegativas y la envoltura de peptidoglicanos o mureína es mucho más prominente en las bacterias grampositivas (Figura 5). Y son identificadas por medio de tinción, siendo las grampositivas las que se tiñen azul y las gramnegativas las que se tiñen color rosa (Forbes et al., 2007).

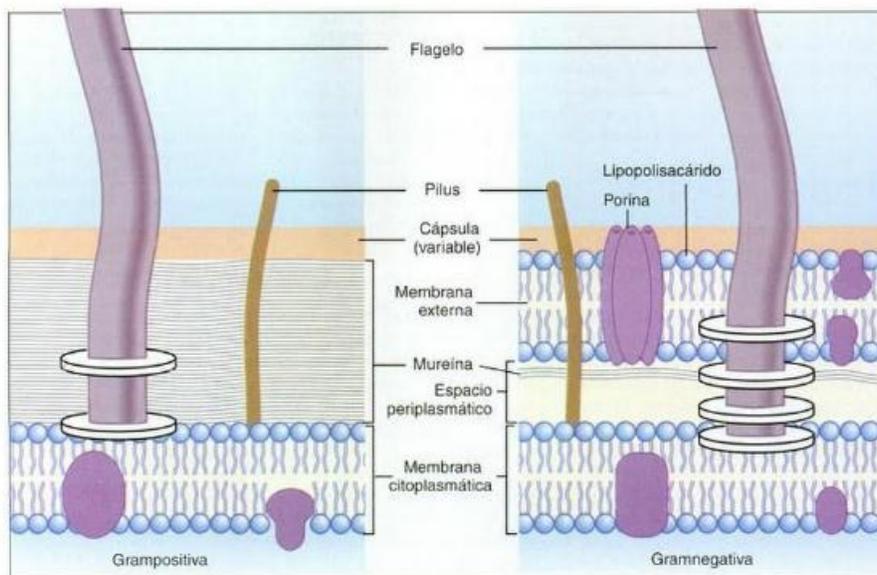


Figura 5. Diferencias estructurales entre las bacterias grampositivas y las bacterias gramnegativas

Fuente: Forbes et al. (2007)

Anexo 3: Temperaturas efectivas para diferentes combinaciones de temperatura ambiente, HR y velocidad de aire (Cobb-Vantress, 2005).

Temp ambiente °C (°F)	% RH	0 m/sec (0 ft/min)	0.508 m/sec (100 ft/min)	1.1016 m/sec (200 ft/min)	1.524 m/sec (300 ft/min)	2.032 m/sec (400 ft/min)	2.54 m/sec (500 ft/min)
35 (95)	50	35	32.2	26.6	24.4	23.3	22.2
35 (95)	70	38.3	35.2	30.5	28.8	26.1	24.4
32.2 (90)	50	32.2	29.4	25.5	23.8	22.7	21.1
32.2 (90)	70	35.5	32.7	28.8	27.2	25.5	23.3
29.4 (85)	50	29.4	26.6	24.4	22.7	21.1	20
29.4 (85)	70	31.6	30	27.2	25.5	24.4	23.3
26.6 (80)	50	26.6	24.4	22.2	21.1	18.9	18.3
26.6 (80)	70	28.3	26.1	24.4	23.3	20.5	19.4
23.9 (75)	50	23.9	22.8	21.1	20	17.7	16.6
23.9 (75)	70	25.5	24.4	23.3	22.2	20	18.8
21.1 (70)	50	21.1	18.9	18.3	17.7	16.6	16.1
21.1 (70)	70	23.3	20.5	19.4	18.8	18.3	17.2

Anexo 4. Cadena de frío adecuada para asegurar la calidad del embrión desde la granja hasta la planta de incubación (Cobb- Vantress, 2013e).

