



ESCUELA DE DOCTORADO
INTERNACIONAL DE LA USC

Almudena
Lage Sánchez

Tesis doctoral

EFECTO DE DIFERENTES
ESTRATEGIAS DE
PRODUCCIÓN Y MANEJO EN
LA CALIDAD DE LA CANAL DE
LOS POLLOS DE ENGORDE

Lugo, 2023

Programa de doctorado en Medicina y Sanidad Veterinaria



TESIS DE DOCTORADO

**EFFECTO DE DIFERENTES
ESTRATEGIAS DE PRODUCCIÓN Y
MANEJO EN LA CALIDAD DE LA
CANAL DE LOS POLLOS DE
ENGORDE**

Almudena Lage Sánchez

ESCUELA DE DOCTORADO INTERNACIONAL DE LA UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

PROGRAMA DE DOCTORADO EN MEDICINA Y SANIDAD VETERINARIA



LUGO

2023

Dña. **Almudena Lage Sánchez**

Título de la tesis: **Efecto de diferentes estrategias de producción y manejo en la calidad de la canal de los pollos de engorde**

Presento mi tesis, siguiendo el procedimiento adecuado al Reglamento y declaro que:

- 1) No existe ningún conflicto de intereses en relación con mi tesis de doctorado.

En **Lugo, 23 de octubre de 2023.**

Firmado por LAGE SANCHEZ
ALMUDENA - ***5910** el
día 23/10/2023 con un
certificado emitido por
AC FNMT Usuarios

AGRADECIMIENTOS

Pocas cosas resultan más gratificantes que el estudio y el aprendizaje. La profesión veterinaria obliga a la mejora continua, y en particular, la producción animal trata de aplicarla con el objetivo de mejorar la vida de los animales y las personas. Sin embargo, la realización de una tesis que plasme ese aprendizaje con el objetivo de que sea útil es un camino largo y difícil, y, sobre todo, compartido con personas que buscan la excelencia en lo que hacen y además tienen la generosidad de dedicar tiempo y conocimientos para que llegue a buen puerto. Por ello, debo agradecer muy sinceramente:

A Coren, en general por el trato desde que formo parte de la cooperativa y en particular por su apuesta por la formación y la oportunidad que ha supuesto la elaboración de esta tesis. Desde la dirección de la misma en las figuras de D. Manuel Gómez Franqueira y Dña. María Gómez Franqueira, hasta la dirección de producción, personal de planta de procesado, personal de administración y por supuesto personal de los núcleos avícolas, todos ellos excelentes profesionales con una labor silenciosa y en ocasiones poco reconocida. Sin su apoyo la realización de este trabajo no sería posible.

A mis directores de tesis, Dr. José Luis Benedito y Dr. Luis Vázquez por su trabajo, paciencia, atención constante y los ánimos infundidos para que la tesis sea una realidad. Gracias.

A Martín Novoa, por su empuje y ayuda, más de 20 años juntos tratando de sacar lo mejor de cada uno, con un objetivo común.

A Carlos Bello, Roberto Benavides, Alfonso Román, Ricardo López, Juan Aguiar y María Álvarez, el mejor equipo del mundo, por su soporte, paciencia y ayuda todos estos años. Es un placer trabajar con personas como vosotros.

A Jesús Méndez y Pilar Cachaldora por su tiempo, ayuda, sugerencias y saber hacer. Sin lugar a dudas, la nutrición animal tiene grandes profesionales.

A Iván Francisco, Mario Doce, Mar Casaldarnos, Noelia Rodríguez e Iria Yebra, de la planta de procesado, por su paciencia, colaboración, imágenes y amabilidad extrema desde el principio.

A nivel personal, gracias a Carme y Luís, mi preciosa familia, mi felicidad. Sois buenos, generosos y habéis soportado muchas ausencias que espero compensar ahora que la tesis llega a su fin. Os adoro.

A mis padres, Lolita y Vicente por ser las personas más bellas y buenas que conozco, ejemplo de paciencia, honestidad y sacrificio por los demás. Y a mis suegros, Maribel y José Luís, gracias por cuidar tanto de nuestra familia, sin vosotros esto no habría sido posible.

A mis hermanas, Paula y Silvia, la chispa de mi vida, familiares y amigos, que me habéis animado y soportado mis ausencias y estrés en múltiples ocasiones.

A todos, mi más sincero agradecimiento.

A Carme, mi luz

ABREVIATURAS

- AGAFAC** - Asociación Gallega de Fabricantes de Alimentos Compuestos
- AWIN** - *Animal Welfare Indicators*
- Ca** - Calcio
- CE** - Comisión Europea
- Cl** - Cloro
- DDGs** - Granos de destilación secos con solubles
- DFD** - *Dark, Firm and Dry* (oscura, firme y seca)
- DOA** - *Death on Arrival* (muertos a la llegada)
- ECC** - *European Chicken Commitment* (Compromiso Europeo del Pollo)
- ECDC** - Centro Europeo para la Prevención y el Control de las Enfermedades
- EEUU** - Estados Unidos
- EFSA** - *European Food Safe Authority* (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria)
- EM** - Energía metabolizable
- EPEF** - *European Production Efficiency Factor* (Factor de Eficiencia europeo)
- FAO** - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
- FAWC** - *Farm Animal Welfare Council*. Reino Unido
- FEDNA** - Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal
- FTU** - Unidad de Fitasa
- FVO** - *Food and Veterinary Office*
- GALIS** - Galicia Alimentos Seguros
- GMD** - Ganancia media diaria
- HORECA** - Hoteles, restaurantes y caterings
- HR** - Humedad relativa
- HSP** - Proteínas de Choque Térmico
- IBD** - *Infectious bursa disease* (Enfermedad de Gumboro)
- IC** - Índice de conversión
- ICA** - Información sobre la Cadena Alimentaria
- IP** - Índice de producción
- IRTA** - Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentaries
- K** - Potasio
- kcal/h** - Kilocalorías/hora
- kg** - Kilogramos

MAPA - Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación

Mn - Manganeseo

N - Nitrógeno

Na - Sodio

NH₃ - Amoníaco

NH⁴⁺ - Ion amonio

NIRS - Espectroscopia de reflectancia del infrarrojo cercano

NRC - *National Research Council*

O₂ - Oxígeno

OECD - Organización para la Cooperación Económica

OIE - *World Organisation for Animal Health*

PAC - Política Agrícola Común

PRAN - Plan Nacional de Resistencia a Antibióticos

PSE - *Pale, Soft and Exudative* (pálidas, blandas y exudativas)

RD - Real Decreto

REGA - Registro de Explotaciones Ganaderas

Se - Selenio

SEMAGA - Servicio de Mataderos de Galicia

T^a - Temperatura

TRACES - *TRAdE Control and Expert System* (Sistema informático veterinario integrado)

UE - Unión Europea

UK - *United Kingdom* (Reino Unido)

Zn - Zinc

ÍNDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1.- CARACTERÍSTICAS DE LA CARNE DE AVE.....	7
1.2.- PRODUCCIÓN AVÍCOLA.....	7
1.3.- CONSUMO Y EVOLUCIÓN DE LOS MERCADOS	9
1.4.- RETOS DE FUTURO.....	10
2. OBJETIVOS	13
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	17
3.1.- AVICULTURA DE CARNE	19
3.2.- MANEJO EN GRANJA	22
3.2.1.- Bioseguridad.....	22
3.2.1.1.- Bioseguridad estructural: ubicación y diseño	23
3.2.1.2.- Bioseguridad operacional	24
3.2.1.3.- Limpieza, desinfección, desinsectación, desratización y vacío sanitario	24
3.2.2.- Preparación para la entrada de animales y cama.....	25
3.2.3.- Recepción de animales y primera semana de vida.....	26
3.2.4.- Control de crecimiento.....	30
3.2.4.1.- Proceso digestivo de las aves.....	30
3.2.4.2.- Cama.....	31
3.2.5.- Preparación de los animales para el sacrificio y carga.....	32
3.2.5.1.- Carga de los animales.....	33
3.3.- ALIMENTACIÓN	34
3.3.1.- Formulación	34
3.3.1.1.- Energía	35
3.3.1.2.- Proteína y aminoácidos	37
3.3.1.3.- Fibra dietética	38
3.3.1.4.- Macrominerales	38
3.3.1.5.- Microelementos: microminerales y vitaminas.....	39
3.3.1.6.- Enzimas	40
3.3.1.7.- Pigmentantes.....	41
3.3.1.8.- Coccidiostatos.....	41
3.3.2.- Presentación	41
3.3.2.1.- Forma y calidad física del alimento	41
3.3.2.2.- Trigo entero	43
3.3.2.3.- Tipos de pienso	44
3.3.2.3.1.- Pienso de iniciación	44
3.3.2.3.2.- Pienso de desarrollo	45
3.3.2.3.3.- Pienso de crecimiento	46
3.3.2.3.4.- Pienso finalizador	47
3.3.3.- Agua.....	47
3.4.- TRANSPORTE.....	48
3.4.1.- Estrés previo y durante el transporte.....	48
3.4.2.- Normativa de protección durante el transporte.....	50

3.4.3.- Bienestar durante el transporte	51
3.4.4.- Recepción en planta de procesado	53
3.5.- EVALUACIÓN DEL BIENESTAR ANIMAL Y CALIDAD DE LA CANAL	54
3.5.1.- Parámetros de bienestar animal	54
3.5.2.- Inspección <i>ante mortem</i>	56
3.5.3.- Inspección <i>post mortem</i>	57
3.5.4.- Indicadores de bienestar en la inspección <i>post mortem</i>	57
3.5.4.1.- Pododermatitis	58
3.5.4.2.- Quemaduras de tarsos.....	60
3.5.4.3.- Dermatitis en pechugas.....	60
3.5.4.4.- Grado de suciedad en las aves.....	61
3.5.4.5.- Mortalidad en el transporte y mortalidad total.....	62
3.5.4.6.- Presencia de lesiones y enfermedades	62
3.5.5.- Calidad de las canales	64
3.5.5.1.- Arañado.....	64
3.5.5.2.- Hematomas en muslo, axila, ala, dorsal y espalda	65
3.5.5.3.- Rozado	67
3.5.5.4.- Rasgado.....	68
3.5.5.5.- Celulitis.....	68
3.5.5.6.- Pluma en ala y en espalda	68
3.5.5.7.- Miopatías del músculo de la pechuga.....	69
3.5.5.7.1.- <i>Miopatía pectoral profunda</i>	69
3.5.5.7.2.- <i>Estrías blancas o white stripping</i>	70
3.5.5.7.3.- <i>Pechuga de madera o wooden breast</i>	71
3.5.5.7.4.- <i>Músculo de espagueti</i>	72
3.5.5.7.5.- <i>Miopatía dorsal craneal</i>	72
3.5.6.- Evaluación de la calidad.....	73

4. CAPÍTULO I: “ESTUDIO DE DIFERENTES TIPOS DE CAMA EN RELACIÓN A LOS DATOS PRODUCTIVOS Y DE CALIDAD DE LAS CANALES EN MATADERO”	77
4.1.- INTRODUCCIÓN.....	79
4.1.1.- Composición química de la yacija	79
4.1.2.- Humedad	80
4.1.3.- pH	82
4.1.4.- Microbiología	82
4.1.5.- Material de cama.....	82
4.1.6.- Cantidad y profundidad de cama	85
4.1.7.- Factores que afectan a la calidad de la cama	86
4.2.- OBJETIVOS	87
4.3. MATERIAL Y MÉTODOS	89
4.3.1.- Núcleos avícolas.....	89
4.3.1.1.- Núcleo avícola <i>Altapedra</i>	90
4.3.1.2.- Núcleo avícola <i>Cortegada</i>	92
4.3.1.3.- Núcleo avícola <i>A Piuca</i>	94
4.3.1.4.- Núcleo avícola <i>Moreiras</i>	96
4.3.1.5.- Núcleo avícola <i>Ponterio</i>	97
4.3.1.6.- Núcleo avícola <i>Xironda</i>	99

4.3.2.- Sistemas de control ambiental	100
4.3.3.- Materiales de cama empleados	101
4.3.3.1.- Viruta de madera.....	102
4.3.3.2.- Cascarilla de arroz.....	102
4.3.3.3.- <i>Dry bed</i>	103
4.3.4.- Descripción del ensayo	104
4.3.4.1.- Distribución de los lotes experimentales.....	105
4.3.4.2.- Análisis estadístico.....	107
4.4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	109
4.4.1.- Influencia de la cama sobre los parámetros productivos y el sexo de los animales	109
4.4.2.- Influencia de la cama sobre la calidad de la canal.....	113
5. CAPÍTULO II: “ESTRATEGIAS DE PRESENTACIÓN Y COMPOSICIÓN DEL PIENSO PARA EL ABORDAJE DE LA INCIDENCIA DE MIOPATÍAS”	119
5.1.- INTRODUCCIÓN.....	121
5.1.1.-Características de las miopatías.....	121
5.1.2.-Factores predisponentes.....	122
5.1.3.- Abordajes para reducir la incidencia de las miopatías.....	123
5.1.3.1.- Presentación de pienso	123
5.1.3.2.- Restricción cuantitativa del alimento	125
5.1.3.3.- Restricción cualitativa del alimento	126
5.1.3.3.1.- <i>Aminoácidos</i>	127
5.1.3.4.- Fitasas.....	128
5.1.3.5.- Vitaminas.....	128
5.1.3.6.- Microminerales	129
5.2.- OBJETIVOS	133
5.3.- MATERIAL Y MÉTODOS.....	135
5.3.1.- Núcleos avícolas.....	135
5.3.1.1.- Núcleo avícola <i>Portomarín</i>	135
5.3.1.2.- Núcleo avícola <i>Fontao</i>	137
5.3.2.- Presentación del pienso	138
5.3.2.1.- Fabricación de los piensos.....	139
5.3.3.- Composición del pienso.....	140
5.3.3.1.- Pienso de iniciación para broilers	140
5.3.3.2.- Pienso de desarrollo para broilers	142
5.3.3.3.- Pienso de terminado para broilers.....	143
5.3.3.4.- Pienso de superterminado para broilers	144
5.3.4.- Descripción del ensayo	145
5.3.4.1.- Distribución de los lotes experimentales.....	146
5.3.4.2.- Análisis estadístico.....	147
5.4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	149
5.4.1.- Influencia del programa de alimentación sobre los parámetros productivos.....	150
5.4.2.- Influencia del programa de alimentación sobre los parámetros de calidad de las canales.....	152

6. CAPÍTULO III: “RELACIÓN ENTRE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE LA CANAL DE LOS BROILERS, LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS Y SU TRANSPORTE A MATADERO”	157
6.1.- INTRODUCCIÓN	159
6.1.1.- Manejo previo al transporte	159
6.1.2.- Características del transporte	160
6.1.3.- Condiciones ambientales	162
6.1.4.- Duración del transporte	164
6.1.5.- Animales muertos a la llegada a matadero	164
6.2.- OBJETIVOS	167
6.3.- MATERIAL Y MÉTODOS	169
6.3.1.- Núcleos avícolas	169
6.3.2.- Recogida y carga	169
6.3.3.- Transporte y llegada a matadero	170
6.3.4.- Parámetros a analizar	171
6.3.4.1.- Empleo de lonas.....	171
6.3.4.2.- Distancia a matadero	172
6.3.4.3.- Tiempo de espera	173
6.3.4.4.- Condiciones climáticas: temperaturas máxima y mínima.....	173
6.3.5.- Descripción del ensayo	175
6.3.5.1.- Distribución de los lotes experimentales.....	175
6.3.5.2.- Determinación de los parámetros de calidad	176
6.3.5.3.- Análisis estadístico.....	178
6.4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	179
6.4.1.- Influencia del empleo de lonas sobre los parámetros de calidad de las canales	180
6.4.1.1.- Incidencia de aves muertas a la llegada a matadero.....	180
6.4.1.2.- Presencia de arañado en las canales	181
6.4.1.3.- Presencia de hematomas en las canales.....	182
6.4.2.- Influencia de la distancia al matadero sobre los parámetros de calidad de las canales	183
6.4.2.1.- Incidencia de aves muertas a la llegada a matadero.....	183
6.4.2.2.- Presencia de arañado en las canales	184
6.4.2.3.- Presencia de hematomas en las canales.....	185
6.4.3.- Influencia del tiempo de espera en matadero sobre los parámetros de calidad de las canales	187
6.4.3.1.- Incidencia de aves muertas a la llegada a matadero.....	187
6.4.3.2.- Presencia de arañado en las canales	188
6.4.3.3.- Presencia de hematomas en las canales.....	188
6.4.4.- Influencia de la temperatura máxima ambiental durante el transporte ...	189
6.4.4.1.- Incidencia de aves muertas a la llegada a matadero.....	190
6.4.4.2.- Presencia de arañado en las canales	191
6.4.4.3.- Presencia de hematomas en las canales.....	192
6.4.5.- Influencia de la temperatura mínima ambiental durante el transporte	193
6.4.5.1.- Incidencia de aves muertas a la llegada a matadero.....	193
6.4.5.2.- Presencia de arañado en las canales	194
6.4.5.3.- Presencia de hematomas en las canales.....	195

7. CONCLUSIONES.....	197
8. BIBLIOGRAFÍA.....	201

RESUMEN

RESUMEN

La avicultura de carne es una de las industrias más avanzadas y evolucionadas dentro de la producción animal. La selección de broilers cada vez más eficientes ha supuesto también un incremento en la frecuencia de aparición de defectos de calidad y de miopatías en estas aves. La presión ejercida tanto por los legisladores de la Unión Europea como por los propios consumidores, estimula a todos los eslabones involucrados en la producción avícola a una mejora continua, basada en el estudio pormenorizado de los distintos factores que intervienen en esta producción animal.

Esta tesis trata de abordar algunos de estos factores relacionados con la producción de carne de broiler con el claro objetivo de incrementar tanto el bienestar animal como la calidad de las canales obtenidas.

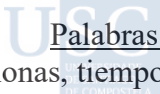
La pododermatitis es un problema asociado mayoritariamente al material sobre el que los broilers realizan toda la crianza. Por ello, se evaluó el efecto de diferentes materiales de cama, como son la viruta de madera, la cascarilla de arroz y el *dry bed* sobre los parámetros productivos y de calidad de las canales de los broilers. En este caso, se comprobó que la cama de viruta presenta los mejores resultados. No obstante, tanto la cascarilla como el *dry bed* son alternativas más que aceptables que no afectan a los demás parámetros de calidad.

Las miopatías son un problema reciente y de diversa etiología. Aunque se continúa investigando, parece evidente que su aparición está asociada a un ritmo de crecimiento elevado y/o desordenado de las aves. Por ello, se estudió la validez de la disminución del crecimiento de los broilers para así alcanzar una reducción en la incidencia de miopatías. Este objetivo se planteó mediante el suministro de un pienso peletizado formulado para conseguir una ganancia media diaria similar a un pienso en forma de harina. Se analizaron parámetros productivos correspondientes al final del cebo, así como de calidad de la canal, entre ellos la frecuencia de aparición de pechuga de espagueti y de madera, defectos más habituales en la planta de procesado donde se realiza el estudio. Los resultados muestran la posibilidad del empleo de ambos tipos de pienso, sin influir en los índices productivos que presentan ambos programas. Con respecto a las miopatías, no se aprecian diferencias entre uno y otro tipo. Sin embargo, el pienso en grano incrementó la incidencia de pododermatitis. Por lo tanto, el pienso en harina, cuando está bien formulado y presentado, puede ser una opción muy válida para el objetivo deseado.

Por último, la carga, el transporte y el tiempo de espera en el matadero antes de entrar al faenado son factores muy estresantes para los broilers. Se evaluó el efecto del empleo de lonas de protección en los camiones, de la distancia entre la explotación y el centro de procesado, del tiempo de espera en la zona de recepción del matadero y de las condiciones climáticas en las que se realiza el transporte. Se constató la importancia del empleo de lonas de protección en los camiones en las épocas frías para disminuir la mortalidad de los broilers a la llegada al matadero, así como la necesidad de reducir los tiempos de espera antes del procesado.

Todos los estudios se realizaron con broilers criados en explotaciones similares respecto al manejo, programas de luz y ventilación, vacunas, etc., minimizando los factores que pudieran influir en los resultados obtenidos y que fuesen ajenos a los objetivos de la tesis. El empleo de núcleos avícolas permite disponer de un elevado número de datos.

A la vista de los resultados obtenidos, podemos concluir que los broilers son animales muy sensibles ante cualquier factor estresante, debido a la elevada especialización de estas aves para la producción cárnica que se ha conseguido en poco tiempo. Como consecuencia, se debe maximizar el cuidado en todas y cada una de las etapas que conforman la vida de los broilers y, al mismo tiempo, continuar investigando para obtener un mejor y mayor control de su bienestar y eficiencia productiva.

 Palabras clave: broilers, yacija, pododermatitis, pellet/harina, velocidad de crecimiento, lonas, tiempo de espera, muertos a la llegada, pechuga de espagueti, pechuga de madera.

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1.- CARACTERÍSTICAS DE LA CARNE DE AVE

La carne de ave es la más consumida a nivel mundial y su producción es uno de los sectores que mejor se adapta a las diferentes crisis, al tratarse de un alimento de fácil consumo, bajo precio y una proteína de elevada calidad.

Está clasificada dentro de las carnes blancas y tiene un elevado contenido en agua (en torno al 70 %). Se considera muy saludable por su bajo contenido en lípidos y grasas (en torno a un 9,7 %, concentradas en la piel), lo que hace que sea ligera y fácil de digerir por su aporte de proteínas de alto valor biológico. Una ración puede aportar entre el 46 % y el 49 % de proteínas recomendadas en la ingesta diaria de un adulto. Contiene minerales como potasio, magnesio, hierro, zinc y fósforo, y presenta un alto contenido de vitaminas del grupo B₆ y B₁₂, activadoras del sistema nervioso y fundamentales en la producción de anticuerpos necesarios para combatir enfermedades e infecciones. Además, su elevado contenido en triptófano eleva los niveles de serotonina, hormona encargada del estado de ánimo y bienestar general.

La carne de ave es fundamental en dietas de deportistas para restaurar los tejidos y recuperar masa muscular, y su aportación de selenio la hace recomendable para personas con problemas de tiroides. Su grasa es mayoritariamente monoinsaturada, constituida principalmente por ácido oleico.

Es además muy versátil, por su sabor neutro que permite múltiples preparaciones, cumple con los más altos estándares de calidad y su producción es altamente especializada (Castañeda et al., 2013).

1.2.- PRODUCCIÓN AVÍCOLA

A nivel mundial, la producción de carne de pollo se ha ido incrementado año tras año, alcanzándose los 100,5 millones de toneladas en el año 2020. Entre los principales productores destacan Estados Unidos (EEUU), Brasil, la Unión Europea (UE) y China.

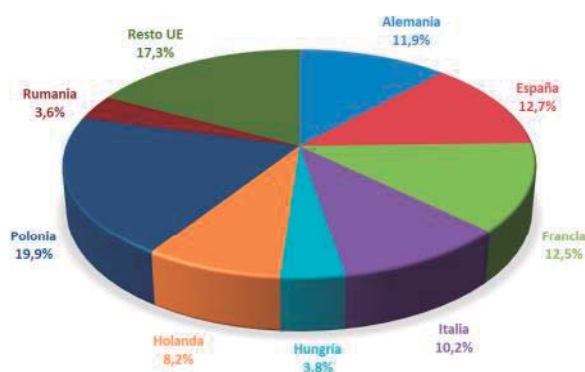


Figura 1. Distribución de la producción de carne de aves en la UE (MAPA, 2021a)

en España, disminuyendo sin embargo el número de animales sacrificados. En el caso concreto de la carne de pollo se aprecia un leve descenso en las toneladas producidas por primera vez en los últimos años, en favor de otras especies avícolas alternativas, en un total de 800.616.000 aves sacrificadas (un 2 % menos que el año anterior), con 1,7 millones de toneladas totales de carne (0,74 % más que en el 2019), sumando el conjunto de la UE 13,56 millones de toneladas. España es el segundo productor de carne de ave en la UE, ahora que el Reino Unido ya no forma parte de la misma (Figura 1). Polonia se mantiene como primer productor, pues desde hace algunos años está experimentando un aumento muy significativo de su producción.

Para el informe acerca de la Orientación Técnica Económica del sector avícola de la Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios (junio 2020), el número total de explotaciones registradas en el REGA (género *gallus*, ocas, pavos, pintadas y ratites) es de 11.468, pero sólo 4.739 las que tienen la avicultura como actividad principal y es a las que se circunscribe dicho informe. Cataluña, con 839, Andalucía, con 772, Galicia, con 720 y la Comunidad Valenciana, con 441 conforman el 50 % de la producción avícola en España. La mayoría de las explotaciones son convencionales, aunque se observa un incremento en la producción ecológica, siendo Galicia la comunidad con mayor número de aves en cría ecológica, seguida por Cataluña.

La edad media de los titulares de las explotaciones avícolas es de 46,8 años, por lo que se trata del sector agrario menos envejecido, por debajo de la media de todos los sectores ganaderos (54,3 años). Son personas formadas en bienestar animal y manejo de fitosanitarios, y el 55,4 % de su renta es de origen agrario, por encima de la media de los sectores ganaderos y agrícolas. El tamaño medio de las explotaciones es relativamente grande, pero con mucha variación entre comunidades. Sólo el 32 % de las explotaciones reciben ayudas de la PAC o de desarrollo rural, siendo el sector que menos ayudas recibe junto con el de ovino/caprino de carne.

Según las estadísticas, las explotaciones de pollos han pasado a representar del 88 % al 81,5 % del total de explotaciones avícolas en España desde el año 2013 (Figura 2).

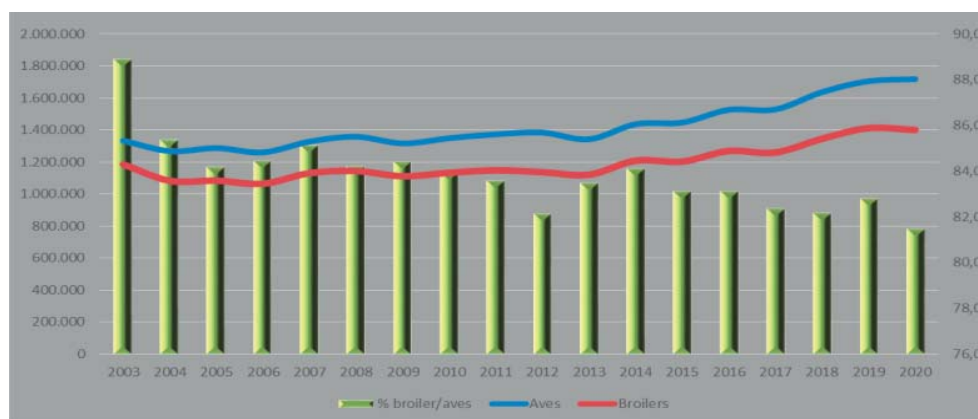


Figura 2. Evolución de la producción de carne de ave en España en el periodo 2003-2020 (MAPA, 2021a)

La mayor parte de la producción de carne de pollo se concentra en cuatro comunidades autónomas: Cataluña, con 28,7 % del total nacional, la Comunidad Valenciana, con un 16,9 % del total, Andalucía, con un 15,8 %, y Galicia, con un 13,1 %. (Figura 3).

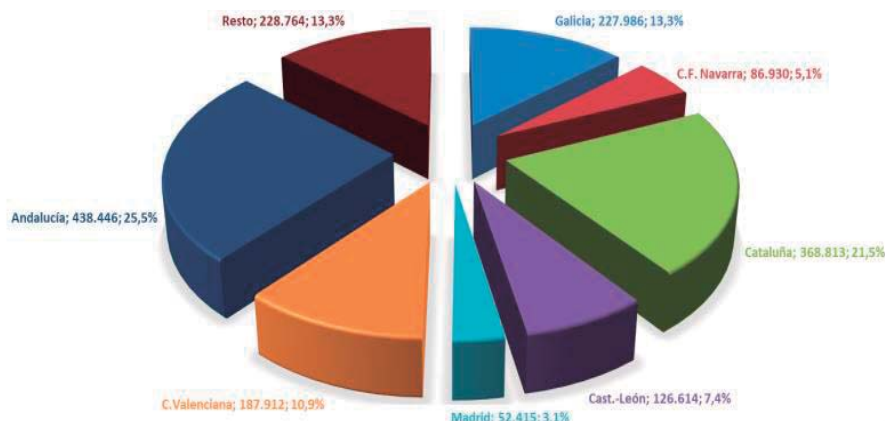


Figura 3. Distribución de la producción de carne de ave (toneladas) por comunidades autónomas en el año 2020 (MAPA, 2021a)

Actualmente en nuestro país cuatro empresas integradoras concentran casi un 60 % de los pollos producidos: Vall Companys (Lleida), que ha adquirido Sada (Tres Cantos), Uvesa (Tudela), Aviserrano (el Viso del Alcor) y AN avícola Mérida (Mérida, Navarra), y alrededor de otras 40 se reparten el 40 % restante. Las integraciones se regulan mediante contrato mercantil entre la empresa integradora y el avicultor. Por una parte, la empresa integradora suministra el pollito, el pienso, realiza el seguimiento técnico y el control veterinario, y retira los pollos al terminar el cebo para su sacrificio, normalmente en matadero propio, y lleva a cabo su comercialización. Por otra parte, el avicultor aporta sus instalaciones, la mano de obra, la energía y todo lo necesario para el engorde de los animales.

Las cooperativas nacieron como sociedades formadas por productores orientadas a la compra de cereales y piensos y de manera progresiva fueron integrando todos los escalafones de la cadena productiva hasta alcanzar volúmenes de producción y cuotas de mercado que las hacen muy competitivas. La cooperativa COREN S.C.G. (Ourense) se situaría en el quinto lugar en la estimación de toneladas totales producidas, siendo también importante en volumen Guissona, en Lleida (Alimarket, 2021).

Los costes de producción de carne de pollo suponen unos 0,822 €/kg de peso vivo, el tercero más elevado de la UE, por debajo de Francia e Italia, suponiendo la alimentación el principal coste de producción en España (65,8 % de los costes totales). En los países de fuera de la UE este coste aumenta hasta un 67 %, pero el coste de la tierra y de la mano de obra es menor (Van Horne, 2018). Los márgenes de la actividad son positivos para la Comisión Europea, aunque con grandes variaciones estacionales, si bien el conflicto de Ucrania y el incremento de los costes tanto de cereales como de energía hacen de 2022 un año muy complicado.

1.3.- CONSUMO Y EVOLUCIÓN DE LOS MERCADOS

La carne fresca de ave es la segunda más consumida en España, por detrás de la carne de cerdo, lo que equivale aproximadamente a 36 kg por persona al año, siendo la de pollo la más popular (un 87 % del total). España mantenía desde el año 2012 una tendencia descendente (Figura 4).

A principios de 2020, tras dos años de sobreoferta, la producción se equilibraba con el consumo y los precios de salida del matadero volvían a ser rentables. La pandemia de Covid-19 supuso un cambio, acelerando al principio las compras en los hogares, lo que fue cubriendo la pérdida del canal HORECA (25 % del mercado avícola), pero a partir del mes de abril, con la restauración cerrada y la llegada de importaciones de otros países a precios inferiores, el

precio del pollo descendió al mínimo de los últimos años (Alimarket, 2021). La baja demanda provocó la necesidad de congelar grandes cantidades de carne.

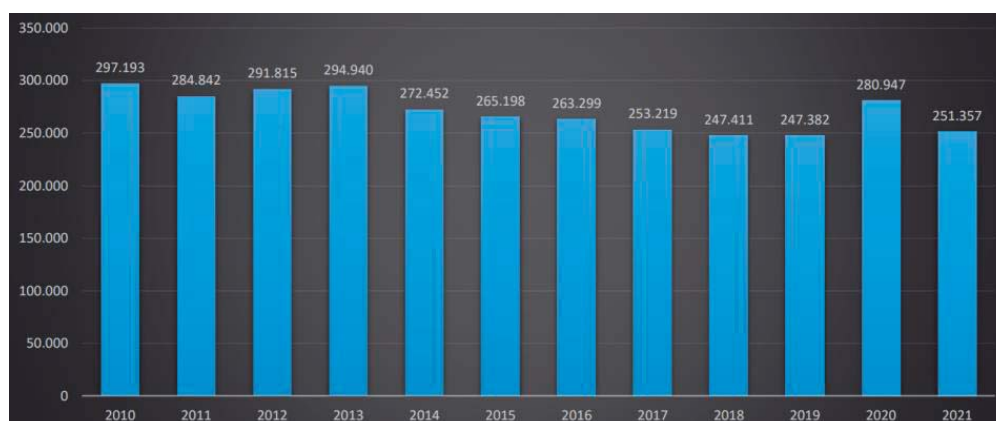


Figura 4. Evolución (2010-2021) del consumo de carne de pollo (toneladas) en los hogares españoles (MAPA, 2021a)

Hasta 2014 la balanza comercial en carne de aves había sido negativa. A partir de ese año las exportaciones empezaron a superar a las importaciones en cantidad, aunque no en valor económico. Las importaciones de carne de ave provienen principalmente de la UE (Francia, Alemania y Polonia). Los datos de 2020 muestran un descenso tanto de las exportaciones como de las importaciones, aunque se mantiene la balanza comercial positiva.

1.4.- RETOS DE FUTURO

Los objetivos a cumplir en este sector serán apoyar una renta viable para los ganaderos y la resiliencia de las explotaciones en todo el territorio UE para mejorar la seguridad alimentaria, la posición de los agricultores en la cadena de valor, la transparencia y la información en la cadena alimentaria y contribuir a la atenuación del cambio climático y la adaptación a sus efectos. (MAPA, 2020).

La industria avícola enfrentará numerosos retos los próximos años, como los precios altos y volátiles de las materias primas, la recuperación de la peste porcina africana y la crisis de la influenza aviar, cada vez con más casos en el hemisferio norte. El impacto del Brexit se prevé limitado y se notará más en la importación de genética desde Reino Unido hacia España. El impacto de la pandemia seguirá alterando los mercados, pero disminuirá gradualmente a medida que se normalice.

Se prevé que los establecimientos de comida rápida funcionen mejor que los restaurantes, catering y servicios de alimentos enfocados en hoteles. Al mismo tiempo, la demanda minorista de alimentos se mantendrá fuerte, apoyando a los productores locales, ya que estos minoristas suelen utilizar más productos frescos. Esto impulsará la demanda de productos avícolas. La presión global sobre el poder adquisitivo y los altos precios de los alimentos también llevarán a los consumidores hacia la proteína cárnica de menor precio, como es la de ave.

El principal desafío será a nivel operacional, ya que los precios tanto de los alimentos balanceados como de las materias primas y los fertilizantes a causa de la guerra de Ucrania son los más elevados de los últimos años y se espera que se mantenga la tendencia alcista al menos hasta 2023. Además, las inversiones masivas en las industrias asiáticas de carne porcina y pollo han elevado la demanda de maíz y soja, siendo uno de los principales causantes del aumento de los precios de los granos y las oleaginosas. Y el cambio climático en las áreas de producción de América del Sur condicionará la disponibilidad de soja y maíz. Esto presionará los precios

de los granos y las oleaginosas para que permanezcan altos durante los próximos años y se incremente la volatilidad en los mismos.

El informe de perspectivas globales para la agricultura 2020-2029, publicado por la Organización para la Cooperación Económica (OECD) y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) predice un aumento del 12 % de la producción mundial de carne en el decenio 2020-2029 (Figura 4). La producción avícola impulsará la mitad de este crecimiento, a medida que países como Brasil y China amplíen la producción.

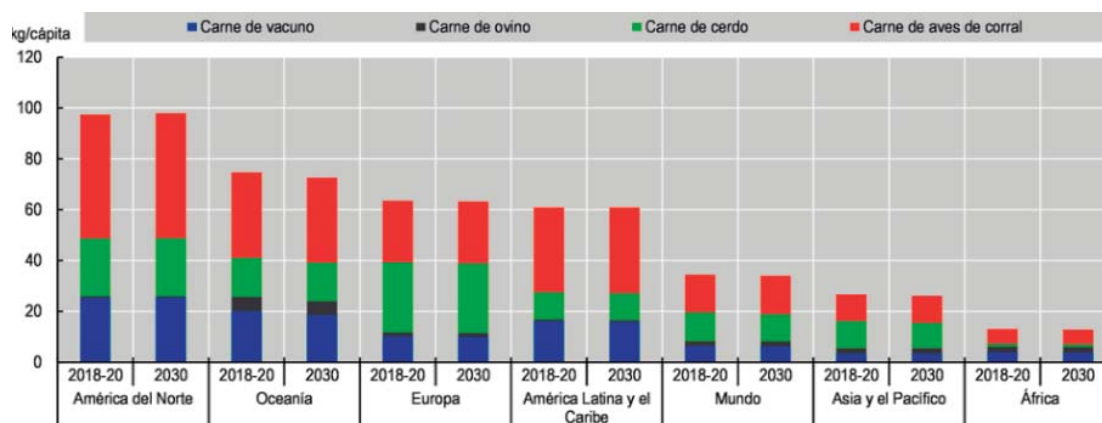


Figura 5. Crecimiento de la producción mundial de carne por región y tipo de carne (OECD-FAO, 2020)

Otro de los retos que afrontará la industria mundial de la producción de carne, incluida la avícola a pesar de ser de las carnes con menor impacto ambiental, será el derivado de provocar un aumento de las emisiones de carbono, que se prevé en el entorno de un 6 % durante la próxima década. La ganadería es una de las industrias con mayor huella ambiental, y los problemas ambientales y de salud están presionando a consumidores de países de elevado nivel adquisitivo a reducir la cantidad de carne de sus dietas. Sin embargo, la población de los mercados emergentes incrementa el consumo de carne y productos lácteos a medida que mejora su renta. Por lo tanto, la industria debe hacer más por la sostenibilidad y defensa del medioambiente. El nuevo Real Decreto 637/2021 ya establece la obligatoriedad de una adecuada gestión de estiércoles y un programa de reducción de emisiones de gases contaminantes a la atmósfera.

La avicultura intensiva es el resultado de una espectacular mejora tanto genética como de manejo y de la nutrición de los animales para llegar a los rendimientos actuales. Esta mejora va acompañada de una demanda cada vez mayor en la calidad de las canales que llegan al matadero. Asimismo, la exigente normativa de bienestar animal evalúa cualquier signo que pueda suponer malestar de los animales, tanto durante la crianza, como en el transporte o durante el procesado.

De acuerdo con el Special Eurobarometer 442 (Comisión Europea, 2016) los ciudadanos europeos tienen un amplio consenso en el ámbito de la producción cárnica en lo que concierne al bienestar animal. El informe cifra en un 94 % el porcentaje de ciudadanos que cree importante proteger el bienestar de los animales de granja, en un 82 % que cree debe estar mejor protegido de lo que está ahora y en un 59 % la cantidad que está dispuesto a pagar más por productos originarios de sistemas de producción respetuosos con el bienestar animal. Las organizaciones de bienestar animal, independientemente de la entidad o país de que se trate, canalizan estas exigencias enfocándolas en tres aspectos fundamentales:

1. Genética: afirman que el progreso experimentado con su alta tasa de crecimiento y rendimiento de pechuga predispone las aves a problemas locomotores y cardiovasculares, de calidad de la carne y una mayor necesidad de utilizar antibióticos.
2. Sistema de cría: altas densidades que imposibilitan a las aves la expresión de sus comportamientos naturales, así como el acceso al exterior y la luz natural.
3. Método de aturrido: requieren un aturrido atmosférico que, al ser anterior al colgado, evite el sufrimiento del ave antes de su sacrificio.

Las soluciones propuestas por estas asociaciones son una genética de crecimiento más lento y unas condiciones de cría mejoradas, según su criterio, y ya se está llevando a cabo en los países nórdicos. Esto conducirá a mayores costes de producción.

El European Chicken Commitment (ECC, 2021), es una iniciativa acordada por casi todas las organizaciones de Bienestar Animal europeas que se inició en 2017 y a la que se han adherido muchos minoristas y corporaciones alimentarias (Nestlé, Unilever, Sodexo, Burguer King, Elior, Danone, KFC, etc.). Esta iniciativa se proclama por las propias organizaciones como de *una sola voz* acerca de las preocupaciones sobre el bienestar animal en relación con la producción de carne de ave y de cómo resolverlas, independientemente del país de origen.

Se hace necesario, pues, un abordaje integral de los factores que pueden afectar a estos parámetros de bienestar y calidad para optimizar la producción y resultar competitivos en una industria en la que la calidad primará sobre la cantidad.

2. OBJETIVOS

2. OBJETIVOS

De entre todas las producciones animales, la avícola es la más tecnificada y avanzada. La mejora continua de crecimientos e índices productivos ha conllevado la aparición de una serie de alteraciones en la presentación de las canales que es necesario analizar y corregir. Asimismo, el avance de los estándares de bienestar animal en las producciones avícolas evidencia la necesidad de estudio de todos los factores que puedan contribuir al mismo, siendo conscientes de la complejidad que ello supone.

Teniendo en cuenta lo anterior, se define como objetivo general de esta tesis doctoral el análisis de distintas intervenciones en el manejo y la nutrición en la producción de broilers que inciden en la calidad final de los productos avícolas que se obtienen de estas aves.

Por todo ello, se plantean los siguientes objetivos específicos:

1. Estudiar la relación entre los índices productivos y la incidencia de pododermatitis respecto al empleo de diferentes tipos de material de cama disponibles en el mercado.
2. Evaluar las diferencias productivas alcanzadas mediante dos estrategias alimentarias diferentes en composición y presentación, orientadas a moderar el crecimiento de los animales y a conseguir una reducción de la incidencia de miopatías.
3. Estudiar los diferentes factores involucrados en el transporte de los animales al centro de procesado para determinar la influencia de estos, tanto en el bienestar como en los parámetros finales de calidad.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1.- AVICULTURA DE CARNE

Las industrias avícolas se caracterizan por ser compañías grandes, con un nivel técnico elevado y un funcionamiento muy dinámico. En el caso de la producción de carne de pollo, las empresas se integran en su mayoría de forma vertical, utilizando infraestructura, genética y alimentación comunes a nivel mundial y adaptando las prácticas de manejo y los programas sanitarios a la situación particular del país en que se encuentran.

La avicultura intensiva aplica conocimientos científicos y técnicos en cada una de sus actividades, y abarca tanto la mejora genética de las estirpes como la tecnificación de las instalaciones, los programas sanitarios, el manejo o la alimentación de los animales. Para mantener su competitividad, se renueva y moderniza de manera continua. El 60 % de las explotaciones avícolas españolas se consideran con un grado de modernización medio/alto, y constituyen el sector ganadero más tecnificado en la actualidad (Barroeta et al., 2011).

Las aves que se crían son cruces de distintas razas, estirpes y líneas, llamadas *cruce industrial*, siguiendo planes de selección realizados por empresas de genética internacionales (*Aviagen*[®], *Cobb-Vantress*[®], *Hubbard*[®] e *Hybro*[®]), que optimizan el resultado productivo manteniendo un alto equilibrio con la salud y la seguridad alimentaria. El término inglés *broiler* hace referencia a una variedad de pollo desarrollada específicamente para la producción de carne, por su rápido crecimiento y óptimos índices técnicos.

La avicultura española está totalmente comprometida con las nuevas normativas europeas, estatales y autonómicas de bienestar animal, de respeto del medio ambiente (como la prevención y reducción de residuos contaminantes) y de seguridad alimentaria, incluyendo la implantación de sistemas de trazabilidad y etiquetado.

El compromiso con Europa para la reducción de uso de antibióticos ha conseguido, a través del Plan Nacional frente a la Resistencia a los Antibióticos (PRAN, 2021) que la avicultura esté a la cabeza tanto en la reducción del uso de antimicrobianos (un 71 % entre los años 2015-2018 en avicultura de carne), como en el objetivo de continuar reduciendo el empleo de los mismos un 45 % más en dos años, mediante la adhesión del sector avícola al plan REDUCE de la Agencia Española del Medicamento. Los datos anuales del Plan de Vigilancia de Residuos demuestran que, en la UE, y también en España, el número de muestras de huevos y carne de pollo que exceden los límites máximos de residuos es insignificante, y además no se utilizan productos prohibidos.

La situación sanitaria de la cabaña avícola española es buena y las reglamentaciones europeas sobre control de zoonosis y el plan sanitario avícola tanto a nivel estatal como autonómico tienen por objetivo aumentar los niveles de protección de la salud pública y la sanidad animal mediante la prevención y reducción de incidencias.

Como objetivos importantes en la industria avícola se fijan (Barroeta et al., 2011):

- Alojarse las aves en naves bien diseñadas y equipadas, y con altos niveles de bioseguridad.
- Manejar el ambiente de tal manera que proporcione a las aves todas sus necesidades de ventilación, calidad del aire, temperatura y espacio.
- Controlar la diseminación de enfermedades alojando aves de una sola edad y un mismo origen en la nave (sistema *todo dentro-todo fuera*).

- Controlar constantemente la calidad, viabilidad y homogeneidad de las aves, atendiendo a su bienestar durante toda su vida.
- Prevenir, detectar y tratar las enfermedades.
- Cubrir las necesidades nutritivas, mediante técnicas apropiadas de fabricación de los piensos y con un buen manejo de la alimentación y suministro de agua.
- Obtener alimentos seguros y de alta calidad para el consumidor.

El sector avícola ha experimentado grandes avances en los últimos años. La producción de pollo de carne ha consolidado su crecimiento y profesionalización, ofreciendo una proteína de origen animal a un precio muy competitivo y con una seguridad garantizada.

Las estirpes de pollos comerciales son seleccionadas para garantizar aves con características equilibradas de reproducción y engorde (Figura 6). La velocidad de crecimiento o ganancia media diaria (GMD), el índice de conversión (IC), la viabilidad y el rendimiento de carne se mejoran continuamente, a la vez que se hacen avances genéticos en el bienestar del ave, la salud de las patas, la aptitud cardiovascular y la robusticidad del animal. Se atribuye un 85-90 % de la evolución a la selección genética, y en torno a un 10 % a los cambios en la nutrición (Havenstein et al., 2003).

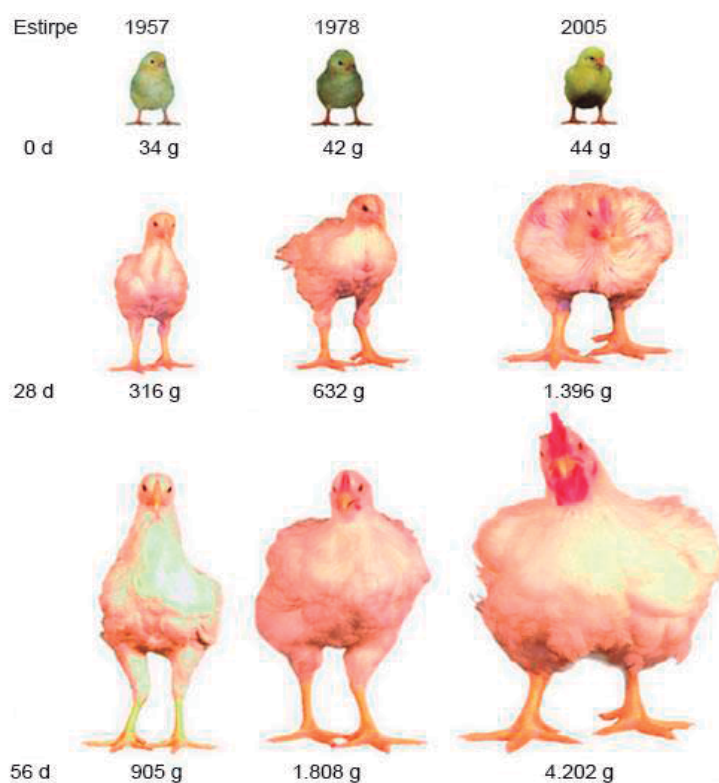


Figura 6. Evolución del crecimiento del pollo de engorde (Zuidhof et al., 2005; con permiso de Elsevier B.V.)

El logro del potencial genético que poseen estas aves depende de garantizar que todos los factores que influyen en la producción reciban una atención completa y adecuada. Son todos interdependientes y si alguno no está en el nivel óptimo el rendimiento general del pollo de engorde disminuye. La calidad del pollito, el programa de vacunación y su estado sanitario, el bienestar animal, el programa nutricional, la temperatura, el aporte de pienso y agua, el programa de iluminación, la densidad de cría y el control ambiental de la nave son básicos para asegurar el óptimo desempeño de la manada.

De acuerdo con el tipo de ventilación existen varios tipos de granjas avícolas (estáticas o dinámicas, con ventilación lateral, cenital o en túnel), y cada manada es distinta en el manejo necesario para cumplir con el objetivo de máxima eficiencia. Para garantizar el máximo nivel, el responsable de los animales debe entender las necesidades de las aves y satisfacerlas con un manejo cuidadoso en todo momento del ciclo.

Cumplir con las exigencias del cliente en la planta de procesado es otra clave para el manejo correcto del pollo de engorde. Los requerimientos del matadero dependen del producto a vender, de alcanzar el peso objetivo y de la calidad de las canales. Un desvío de las exigencias supone un aumento del coste de producción. Por lo tanto, es fundamental la evaluación permanente de la relación coste/beneficio. El engorde por sexos separados y un monitoreo cuidadoso del crecimiento de las aves suponen una ventaja en la uniformidad de las canales y el procesamiento de las mismas, pero también un aumento en el coste de producción del animal (Aviagen, 2018).

El responsable del pollo de engorde tiene como objetivo lograr el máximo rendimiento de la manada en términos de bienestar animal, peso vivo, índice de conversión, uniformidad y producción de carne, acogiéndose a los limitantes económicos. Para lograrlo, debe evaluarse críticamente cada etapa y estar sometida a un proceso de mejora continua.

La etapa de crecimiento del pollo de engorde es sólo una parte del proceso completo integrado de la producción de carne, proceso secuencial que comprende las granjas de reproductoras, las plantas de incubación, las granjas de engorde de las aves, las plantas de procesamiento, los comerciantes minoristas y los consumidores (Figura 7). El resultado final depende del correcto desarrollo de cada etapa.

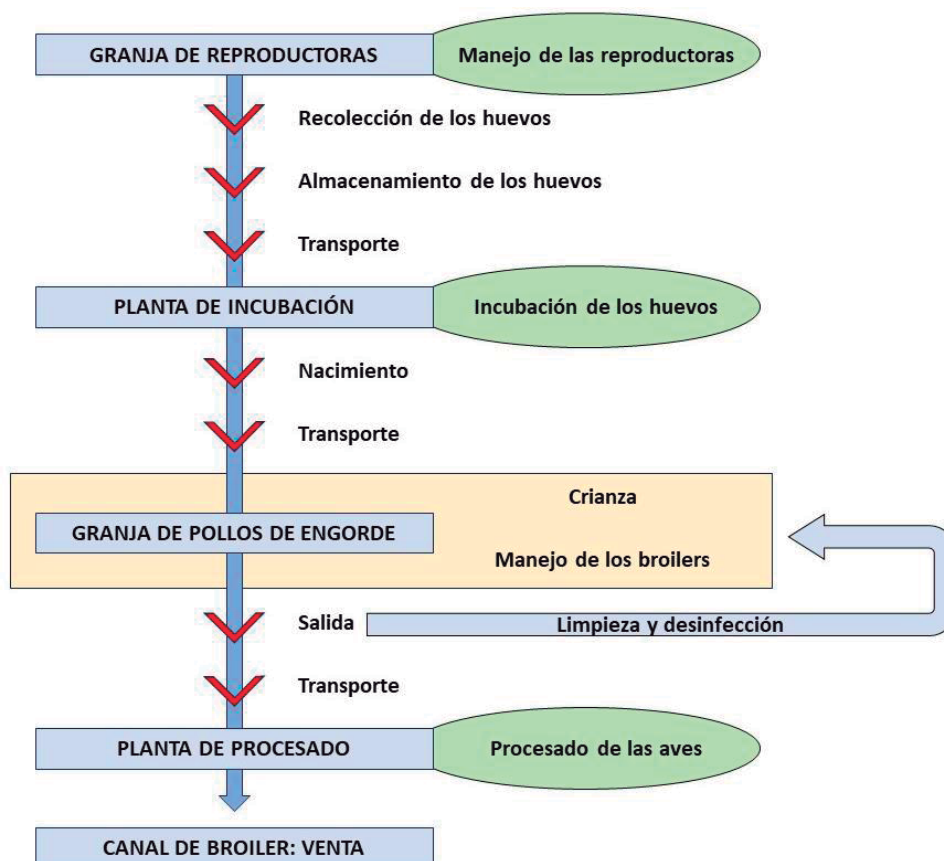


Figura 7. Diagrama de producción avícola (Modificado de Aviagen, 2018)

3.2.- MANEJO EN GRANJA

La fase de cría en granja comprende una serie de pasos en los que es necesario poner toda la atención.

Se pueden resumir en:

- Bioseguridad.
- Preparación para la entrada de animales y cama.
- Recepción de animales y primera semana de vida.
- Control de crecimiento.
- Preparación para el sacrificio y carga de animales.

3.2.1.- Bioseguridad

Existen numerosos patógenos que pueden estar presentes en las naves de producción de broilers. Los que mayor importancia económica tienen en avicultura de carne clasificándolos por órganos o tejidos diana son:

- Agentes con tropismo fundamental sobre el tejido respiratorio: virus de la bronquitis infecciosa, *Mycoplasma* spp., rinotraqueitis infecciosa, *Escherichia coli*, *Aspergillus* spp., *Poxvirus* spp.
- Agentes con tropismo fundamental sobre tejido digestivo: *Eimeria* spp. (coccidiosis), *Clostridium perfringens* (enteritis necrótica).
- Agentes con tropismo fundamental sobre articulaciones: *Reovirus* spp., *Staphylococcus* spp.
- Agentes inmunosupresores: virus de Gumboro (IBD), virus de Marek.

En esta clasificación habría que añadir los agentes con capacidad de infectar al hombre, denominados agentes zoonóticos (Rubio, 2005a). Tienen una importancia capital en la seguridad alimentaria y fundamentalmente son *Salmonella* spp., *Campylobacter* spp., y el virus de la influenza aviar. Los dos primeros producen enfermedades entéricas en humanos, mientras que el virus de la influenza aviar puede producir una enfermedad respiratoria grave en humanos, aunque su incidencia es mucho más baja. Una buena estrategia de bioseguridad puede anular o al menos minimizar la exposición a todos estos agentes.

Existen diferentes patógenos que pueden permanecer meses o años en una explotación, por lo que es fundamental reducir los niveles de contaminación y/o impedir que entren (Tabla 1).

Tabla 1. Persistencia ambiental de diferentes agentes patógenos

ENFERMEDAD	PERSISTENCIA
Micoplasmosis	horas/días
Newcastle	días/semanas
Salmonelosis	semanas
Cólera aviar	semanas
Coccidiosis	meses
Gumboro	meses
Marek	meses

Se denominan vectores a todos aquellos agentes animados o inanimados que pueden transportar microorganismos patógenos al interior de la explotación ganadera. Considerando al pollito de un día como un vector más, el resto serían el agua de bebida, el pienso, el material de

cama, los vehículos, las visitas, aves silvestres, insectos, roedores, polvo y material en suspensión, etc.

La bioseguridad se define como el conjunto de prácticas de manejo diseñadas para prevenir la entrada y transmisión de agentes patógenos que puedan afectar la sanidad en las granjas avícolas. Es la práctica de manejo más segura y barata para el control de enfermedades, y la instauración de un buen programa supone un aumento en la productividad del lote y los rendimientos económicos, así como una reducción en el uso de antimicrobianos y una producción más sostenible.

Se debe diseñar un plan de bioseguridad que permita realizar un control de manera rutinaria de las medidas que se han implementado, y sea flexible ante nuevas medidas o necesidades que surjan. Para llevarlo a cabo se deberán tener muy en cuenta dos componentes claves, como son la bioseguridad estructural y la bioseguridad operacional.

3.2.1.1.- Bioseguridad estructural: ubicación y diseño

La explotación debe estar aislada de otras explotaciones ganaderas y sobre todo avícolas, respetando una distancia de seguridad de 500 metros para las primeras y de un kilómetro para las segundas y seguir el método *todo dentro-todo fuera* para contar siempre con aves de la misma edad, limitando la propagación de diferentes agentes patógenos o cepas presentes. Se recomienda que los caminos de acceso sean exclusivos para la granja para limitar el tráfico, y que estén asfaltados para reducir partículas transmisoras de polvo.

Por otra parte, la explotación debe estar diseñada para evitar la entrada de aves, roedores o cualquier otro animal e impedir el acceso a personas no autorizadas, y ser construida para facilitar los procesos de desinfección y limpieza; con suelos, paredes y techos impermeables, sin vigas o pilares interiores y con conductos de ventilación fácilmente accesibles para su lavado. Debe estar aislada del exterior con un vallado o aislamiento perimetral en buen estado de conservación en todo momento y con la entrada permanentemente cerrada excepto cuando se utilicen para la entrada o salida de personal y vehículos (Figura 8).



Figura 8. Entrada a un núcleo avícola

Pájaros y roedores suponen un riesgo potencial para los animales de las explotaciones, así como los insectos. Así, se deben colocar mallas que impiden el acceso de aves en las ventanas o huecos de ventilación.

3.2.1.2.- Bioseguridad operacional

La bioseguridad operacional engloba los procedimientos rutinarios destinados a prevenir la introducción y propagación de enfermedades, como son el control del movimiento de personas, de alimentos, de animales y de equipos o materiales de trabajo.

Los trabajadores de la granja disponen de ropa específica y exclusiva de explotación para realizar su trabajo, y calzado para entrar a cada nave. También se debe establecer separación entre zona limpia y zona sucia antes de entrar en la zona de producción.

Las visitas se deben limitar a lo estrictamente necesario, ya que se ha demostrado que en el 90 % de las contaminaciones microbianas actúa el hombre como transmisor. Se les debe suministrar ropa y calzado exclusivo de explotación y se lleva un libro de registro de visitas en el que se especifica la fecha y hora de la visita, la identificación de las personas y vehículos y lugar de procedencia (RD 637/2021).

Se evita lo máximo posible la entrada de vehículos, quedando fuera del cierre perimetral los de las visitas, y los que efectúan la retirada de cadáveres realizan su cometido desde fuera del recinto. Los que deban acceder pasarán por un arco de desinfección o vado sanitario, o asegurarán la desinfección efectiva de las ruedas, pasos de ruedas y bajos del vehículo.

3.2.1.3. Limpieza, desinfección, desinsectación, desratización y vacío sanitario

Antes de comenzar una nueva crianza se retira todo el abono de la crianza anterior. Si se observan insectos en el lote anterior, se rocían suelos y paredes con un larvicida inmediatamente después de la salida para evitar que las posibles larvas migren al techo de la explotación. Se barren las naves para que el lavado sea más eficaz.

El lavado y la desinfección tienen una importancia vital en la crianza a iniciar, ya que se eliminan todos los patógenos de origen avícola y humano procedentes de la crianza anterior, minimizando las bacterias residuales, los virus, los parásitos y los insectos presentes en la explotación. Tras un lavado con agua a presión o agentes espumantes, se desinfecta y desinsecta alternando los productos para no crear resistencias en los patógenos existentes. Los desinfectantes más empleados son fenoles, compuestos de amonio cuaternario, hipocloritos y peróxidos.

Los silos de pienso deben ser lavados al menos una vez al año y vaciados y desinfectados en cada crianza. Se desinfectan asimismo los aperos y los vehículos utilizados en la explotación.

Tras cada crianza se limpian a presión y se desinfectan los sistemas de conducción de agua de bebida. El depósito de agua se vacía y limpia al menos una vez al año, y se toman al menos dos muestras de agua anuales para garantizar su potabilidad. Todas las granjas disponen de mecanismos de higienización de agua, por cloración o peróxidos o mediante plantas de tratamiento por sedimentación y filtración.

El vacío sanitario supone liberar a la instalación de todas aquellas materias vivas o inertes que permitan el mantenimiento de los microorganismos. No podemos considerar que estemos efectuando un vacío sanitario si mantenemos la cama para la crianza siguiente o no hemos efectuado un lavado y desinfección. Un tiempo adecuado sería entre 7 y 14 días. Una vez al año, se debe realizar un vacío de al menos 21 días para reducir la carga microbiana presente.

Se dispone un pediluvio a la entrada de cada nave para la desinfección del calzado, cuya solución se renueva semanalmente, además de calzado específico para cada nave.

El control de roedores se realiza por medio de la colocación de cebos cerrados en diferentes puntos de la granja según los planos de colocación, que se revisan y reponen periódicamente, rotando el rodenticida cuando es necesario.

La legislación exige un resultado ambiental negativo a *Salmonella* spp., previo a la entrada de los animales, que se realiza tomando muestras con un paño en las diferentes superficies de la nave (MAPA, 2023).

3.2.2.- Preparación para la entrada de animales y cama

Tras la desinfección se realiza una inspección y mantenimiento de todos los mecanismos cuya función es necesaria para la cría del broiler como pueden ser las campanas calefactoras, los focos de luz, los ventiladores, los comederos, los bebederos... así como de todos los automatismos que forman parte de las instalaciones (ordenadores, paneles de control, dosificadores de vacunas...). Se establece una zona de cría de aproximadamente un 40 % de la superficie disponible para incrementar la densidad de animales durante el arranque y se coloca papel con pienso y bandejas y bebederos de primera edad para estimular el consumo temprano de pienso y agua.

Se precalienta la nave con la suficiente antelación para garantizar una temperatura ambiental de al menos 32 °C, dependiendo del sistema de calefacción empleado y del grado de humedad ambiental de la nave, al ser los animales recién nacidos incapaces de regular su temperatura corporal. La temperatura de la cama está directamente relacionada con el peso del pollo a 7 días y a final de crianza, así como con la mortalidad de primera semana (Tabla 2).

Tabla 2. Efecto del precalentamiento de la cama del pollo broiler (Villa, 2010)

Tiempo de precalentamiento (h)	Temperatura de la cama (°C)	Incidencia de patas frías (%)	Incidencia de bucheros llenos (%)	Mortalidad en 1ª semana (%)
2	18	90	65	2,5
18	26	2	96	0,6

Una de las decisiones a tomar es el tipo de cama o material para cubrir el suelo que se va a emplear en la crianza. Los materiales más utilizados en España son la paja picada, la cascarilla de arroz y la viruta de pino. El coste y la disponibilidad de las materias primas, la ausencia de patógenos y tóxicos, la capacidad de aislamiento y de absorción de humedad son los factores con más peso a la hora de escoger el material. No todos tienen la misma capacidad de absorción del agua, y dentro de un mismo material, ésta puede variar en función de la presentación física, como ocurre con la paja de cereal, que puede triplicar la capacidad de absorción de agua cuando se le aplica un proceso de picado o molienda adecuado.

En el caso de un buen manejo, sólo el 2 % del agua que beben los pollos podría incrementar la humedad de la cama, el resto debería eliminarse mediante una ventilación adecuada. En este proceso de ventilación también las características físicas de la cama tienen importancia. Aquellos materiales con menor densidad y más esponjosos facilitan el intercambio de agua entre el suelo y el aire, y los materiales con una conductividad térmica menor tendrán una capacidad de aislamiento mayor (Alegre, 2015).

La cama húmeda se produce cuando la tasa de deposición de agua excede a la tasa de evaporación. En casos graves, se compacta el material de cama y la superficie se presenta húmeda, resbaladiza y pegajosa, de forma que se considera perjudicial para la salud y el bienestar de las aves, la eficiencia de la producción y la seguridad alimentaria y el medio ambiente.

La mayoría de los suelos de las explotaciones son de hormigón y sin ningún tipo de aislante añadido y la pérdida de calor puede ser elevada. Un buen material aislante y en cantidad suficiente permite reducir esa pérdida y economizar energía, mejorar el confort térmico de las aves y reducir la humedad, al evitar condensaciones.

Las aves eliminan el nitrógeno sobrante como ácido úrico, que en presencia de agua, temperatura, microorganismos y pH se transforma en amoníaco (NH_3). Éste puede estar en forma soluble o gaseosa, en función de la temperatura y el pH. Si se mantiene el pH de las camas neutro o ligeramente ácido disminuye la cantidad de amoníaco volatilizado y se mantiene en forma soluble, mucho menos dañino para las aves y el medio ambiente.

El material para cama debe ser seco (humedad entre 4-12 %), homogéneo, blando y esponjoso, con baja conductividad térmica, buena capacidad de absorción, poco pulverulento (menos del 10 % de partículas de menos de 0,2 mm), absorbente, libre de tóxicos y contaminación microbiológica. Es importante también que sea fácil de transportar y manipular y tenga un coste asumible. Además, debe ser sostenible medioambientalmente y reutilizable como abono.

El Real Decreto 692/2010, de 20 de mayo, por el que se establecen las normas mínimas para la protección de los pollos destinados a la producción de carne, y que incorpora al ordenamiento jurídico la Directiva 2007/43/CE, recoge que la cama debe permanecer seca y friable en su superficie durante toda la crianza de los animales.

La temperatura del suelo antes del alojamiento debe ser de por lo menos 26 °C. Esto previene que se acumule condensación en el piso de hormigón, contribuyendo a mantener la calidad de la cama. El material de cama no debe esparcirse hasta después de que se haya alcanzado la temperatura de suelo deseada, pues si se reparte antes de precalentar, el piso se calienta más lentamente y aumenta el riesgo de condensación. Si el suelo no está bien aislado o no se precalienta, es mejor usar una capa gruesa de material, que debe distribuirse de manera homogénea en toda la superficie.

Una vez extendida la cama, se colocan papeles en diferentes puntos de la nave con una capa fina de pienso encima para que tengan acceso al pienso como mínimo en el 50 % del espacio de cría, y el ruido del papel los estimule a comer (Figura 9).



Figura 9. Nave preparada para la recepción

Se llenan los comederos, colocados en posición de cría para facilitar el acceso inmediato al alimento y se colocan platos de apoyo los primeros días. También se colocan bebederos suplementarios, y se distribuye agua limpia y fresca en las líneas y los bebederos accesorios.

3.2.3.- Recepción de animales y primera semana de vida

Los pollitos llegan en un camión con ambiente controlado y registros de temperatura y humedad. Las condiciones de transporte están reguladas por el RD 990/2022. La descarga se

realiza lo más rápidamente posible, para que no pierda mucha temperatura la nave y minimizar el estrés de los animales.

La descarga, al igual que la carga, es manual.

La descarga se realiza sobre los papeles con pienso (Figura 10) para incitar a los animales a ingerir alimento lo más rápidamente posible, lo que supondrá mayor peso al final de ciclo, así como menor mortalidad (Vieira y Moran, 1999a). Se pesan un número representativo de animales para hallar el promedio del peso inicial, el cual se suele encontrar en torno a 38-45 g en función del peso del huevo, que a su vez depende de la edad de las reproductoras.

Una vez descargados los animales se regulan los bebederos a la altura del ojo del animal y se mueven los pollos en la zona de cría para que se repartan bien. Se realizan controles de buches (palpación de los mismos para comprobar que han comido y bebido) a las 2 h, 8 h y 24 h de vida. En las 24 h posteriores a la descarga, el 100 % de los broilers deben de tener el buche lleno.



Figura 10. Pollitos a las 18 horas de vida

Un consumo inmediato de pienso y agua permitirá el desarrollo y secreción de las enzimas digestivas, así como una absorción más rápida del saco vitelino, y favorecerá el desarrollo del sistema inmune de las aves. El desarrollo del pollito en los primeros días va a depender, entre otros factores, de la capacidad del tracto gastrointestinal de digerir nutrientes de la dieta con un alto contenido en carbohidratos y proteínas y del uso del vitelo residual como fuente de alimento (Uni y Ferket, 2004). Los pollos parten de una condición embrionaria, donde la base energética de su nutrición es la grasa de la yema y la proteína de la clara, hacia una base de almidón, grasa y proteínas de origen vegetal inmediatamente después del nacimiento. La falta de consumo de alimento compromete la síntesis de glucógeno, indispensable para la actividad cerebral de los pollitos y su crecimiento. El peso del vitelo se reduce en condiciones de ayuno (Vieira y Moran, 1999b), y esto se ha relacionado con un menor desarrollo del sistema gastrointestinal.

La actitud innata de los pollitos de buscar alimento tras la eclosión se traduce en un comienzo inmediato del crecimiento, que se ve ralentizado si hay ayuno, provocando pérdida de peso durante las primeras 36-48 h y de rendimiento productivo posterior, alcanzando un menor peso vivo durante las primeras semanas de vida (Noy y Sklan, 1999). El consumo de alimento es también menor en pollitos que sufren ayuno, posiblemente por una menor capacidad de ingestión, lo que provoca un retraso en el crecimiento.

Páncreas, hígado e intestino delgado se desarrollan rápidamente después del nacimiento. Durante los primeros días de vida, el intestino delgado crece a una rapidez cinco veces mayor

que el resto del cuerpo, y sus microvellosidades crecen significativamente antes en aves que disponen de agua y comida tras la eclosión. Este rápido desarrollo del intestino alcanza su máximo nivel entre los tres y siete días de vida, y a partir de ahí empieza a declinar. La longitud del intestino delgado aumenta durante la primera semana, incluso si el ave está en ayunas, pero para el desarrollo de las vellosidades es esencial que se inicie la ingesta de alimento (Noy et al., 2001). Aunque el sistema digestivo del pollito esté físicamente desarrollado en la eclosión, no es del todo competente en la digestión y absorción de nutrientes.

La cantidad de glucógeno que proviene de la vida embrionaria no es suficiente para más de uno o dos días. En la actualidad, y puesto que el ciclo del broiler es cada vez más corto, se está implementando la alimentación del embrión mediante la inoculación de aminoácidos como la metionina, arginina o mezclas de varios de ellos en el líquido amniótico del huevo. Esta técnica se denomina *alimentación in ovo* y se realiza en la última fase del desarrollo embrionario para mejorar el desarrollo intestinal e inmunológico asociado al mismo, con resultados positivos sobre el peso de los pollos a la eclosión y el rendimiento productivo de los mismos (Kadam et al., 2009; Shafey et al., 2014). Se estudia también la administración de vitaminas (A, B₁, B₂, B₆, C, E y D₃) con efectos positivos sobre peso vivo, formación del esqueleto y desarrollo de órganos linfoides sistema inmune (Bhanja et al., 2012; Goel et al., 2013) y probióticos in ovo (Pender et al., 2017; Castañeda et al., 2020).

Se están desarrollando también sistemas de alimentación en las incubadoras y durante el transporte de los pollos, para que ingieran el pienso inmediatamente después de la eclosión. Y el suministro de geles en forma de gotas en las plantas de incubación con vitaminas y/o probióticos, complementados con prebióticos o simbióticos en granja.

Vieira y Moran (1999a) demostraron que 24 h de retraso en el alojamiento de los pollitos disminuye la ganancia de peso y aumenta la mortalidad. Halevy et al. (2000) observaron que el ayuno de los pollitos en los dos primeros días de vida compromete el desarrollo de las células satélite y el futuro desarrollo de las células musculares, claves para evitar futuras miopatías. Los pollos que no consuman alimento tendrán un porcentaje de pechuga menor al final de la crianza.

Estos últimos años se está concediendo una importancia cada vez mayor al manejo durante la primera semana de vida. La mayoría de autores consideran que es en este período donde se juega el futuro de toda la crianza. De hecho, el peso a los 7 días se ha convertido en un objetivo de producción fundamental, pues se sabe que cada gramo de peso extra a esta edad corresponde después a 5 g adicionales a los 45 días (Leeson, 2012). Se considera que en el plazo de una semana los pollitos deben multiplicar su peso, al menos, por 4,5 y para lograr este objetivo es prioritario asegurar un buen consumo de pienso, que debe empezar lo antes posible y tener la composición y presentación adecuada.

Es recomendable mover los animales cada 2-4 h para activarlos y favorecer un aumento de la ingestión de alimento y agua, separándolos siempre de las paredes, que son las zonas más frías y con menos alimento, y evitando zonas oscuras de la nave donde se puedan refugiar y disminuir su actividad. Se puede también incrementar la estimulación alternando pequeños períodos de oscuridad entre las horas de luz.

En la recepción se realiza una evaluación de la calidad del pollito, que debe ser fuerte y vigoroso, con patas rectas, ojos redondos y brillantes, pico recto y tener los ombligos bien cicatrizados y secos. Existen diferentes métodos de evaluación de la calidad de los animales, siendo el más utilizado el *Pasgar Score*, que, partiendo de una puntuación de 10, va restando un punto por cada parámetro que no cumple los requisitos (reflejos, abdomen, ombligo, pico y patas) en el pollito recién nacido (Popowich et al, 2017, Tona et al., 2005).

El control del ambiente es fundamental durante toda la crianza del animal. Durante la primera semana de vida es esencial garantizar una temperatura adecuada. Además, se debe programar una ventilación mínima que asegure un aire libre de gases nocivos y con suficiente aportación de oxígeno (RD 692/2010). La humedad relativa (HR) ambiental debe ser menor al 70 % para evitar camas húmedas (Weaver y Meijerhof, 1991), aunque otros autores recomiendan no pasar del 60 % para contrarrestar la adición de agua por las aves (Czarick y Fairchild, 2012).

Hammond (1950) estableció que no todos los diferentes órganos, tejidos y piezas anatómicas del animal tienen la misma velocidad de crecimiento en un momento dado. Cada uno va adquiriendo una velocidad de crecimiento característica según la edad, en un orden definido. Así, los nutrientes absorbidos durante la digestión no se distribuyen uniformemente entre los diferentes tejidos, sino que se reparten siguiendo un régimen de prioridades estrictas. El orden en que los distintos tejidos alcanzan su máxima velocidad de crecimiento es nervioso, óseo, muscular y finalmente grasa (Figura 11). A su vez, los nutrientes de la corriente sanguínea se distribuirán de acuerdo a este mismo orden. Si se restringe la alimentación dejará de crecer el tejido grasa; si se aumenta la restricción no sólo no habrá crecimiento adiposo, sino que también se catabolizará el tejido muscular y así sucesivamente.

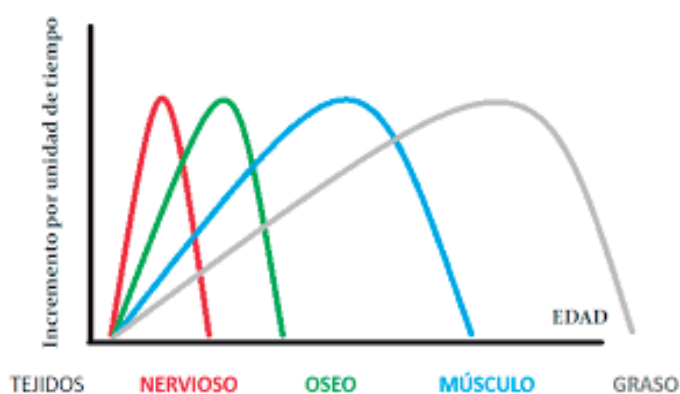


Figura 11. Curva de crecimiento descrita por Hammond (1950)

En los broilers, durante las primeras horas de vida se produce una disminución significativa de los niveles de glucógeno endógeno, que necesitan ser reemplazados por glucógeno proveniente del consumo de almidón de los cereales. Estos cambios requieren un período de adaptación de todo el sistema fisiológico del pollo. Los pollitos de reproductora joven provienen de huevos más pequeños con mayor proporción de albumen y menor de yema, por lo que el peso de los mismos y el contenido del saco vitelino es más pequeño (Vieira y Moran, 1999b), esto provoca una menor movilización lipídica. Además, consumen menos pienso y su peso a los 7 días es más bajo (Maiorka et al., 2004), por lo que es necesario un extra de atención cuando llegan a la granja.

El porcentaje de bajas la primera semana no debe superar el 0,7 %, del total de animales introducidos en la granja, y lo ideal sería no pasar del 4 % al final del ciclo. Las bajas de esta primera semana de vida están directamente relacionadas con la calidad del pollito de un día (Goodhope, 1991), la granja de reproductoras de origen, la edad (Yassin et al., 2009) y la nutrición de las mismas (Enting et al., 2007), el tiempo de almacenamiento del huevo incubable y la incubación (Decuyper y Bruggeman, 2007) y por supuesto, el manejo del granjero responsable de los animales en lo que se refiere a temperatura de la cama, condiciones ambientales y acceso a pienso y agua.

3.2.4.- Control de crecimiento

En cada una de las naves se registra diariamente la temperatura, la humedad relativa y el consumo de agua de los animales. El control del ambiente es fundamental, asegurando la ausencia de gases nocivos, la correcta humedad ambiental y la permanencia del animal durante todo el ciclo en zona termoneutra (15-25 °C en animales adultos), para no desperdiciar la energía suministrada por el pienso en la producción o disipación de calor por parte del animal.

Se revisa la granja por parte de personal formado en bienestar animal al menos dos veces al día (RD 692/2010), comprobando que la distribución de los animales es la correcta, se retiran las bajas y se realiza el triaje o eliminación de animales no viables.

El consumo de pienso y el crecimiento están directamente relacionados con factores ambientales dentro de la nave. La fisiología intestinal, la inmunidad y la proliferación de coccidios o bacterias como *Salmonella* spp se ven afectadas por alteraciones en el confort térmico (Burkholder et al., 2008); este confort varía a medida que las aves crecen. Los primeros días de vida necesitan entre 30 y 33 °C, y se debe reducir a 27-28 °C al séptimo día. En las semanas posteriores, es más crítico mantener una temperatura adecuada de aire y evitar corrientes frías o temperaturas elevadas que mantener la temperatura de la cama. Los sistemas de ventilación requieren entradas y salidas controladas de aire. La reducción de temperatura debe ser gradual y uniforme en toda la nave, para lo que resulta esencial un correcto aislamiento de la misma, ya que un aumento en la estanqueidad de las naves economizará el gasto en combustible (Worley et al., 2005) y reducirá el uso de electricidad al mejorar la eficiencia de los ventiladores extractores.

El objetivo de la ventilación es renovar el aire de las naves, disminuir el polvo y la humedad y expulsar los gases nocivos como amoníaco y otros compuestos orgánicos. La calidad del aire está regulada en el RD 692/2010.

Se regulan comederos y bebederos a la altura correcta a medida que van creciendo los animales; una ratio adecuada de comederos y bebederos es de vital importancia para un correcto rendimiento de la crianza pues si son insuficientes provocan competitividad, agresividad y disminución de bienestar y si son excesivos el uso es ineficiente (Oliveira et al., 2019).

Se realizan pesadas semanales, a los 7, 14 y 21 días, y a partir de los 21 días se pesan cada 3 días, calculando el índice de conversión como la relación entre el pienso total consumido y el peso total de carne ganado. Se utilizan como referencia las tablas de crecimiento de las distintas estirpes comerciales, así como los datos propios de cada empresa.

3.2.4.1.- Proceso digestivo de las aves

El tubo digestivo de las aves (Figura 12) consta de las siguientes partes:

- **Buche:** los alimentos sin masticar ingeridos por las aves se almacenan en el buche, que es un ensanchamiento del esófago donde hay bacterias ácido lácticas.
- **Proventrículo:** el alimento pasa a continuación al estómago glandular o proventrículo, en donde se segrega el jugo gástrico formado por ácido clorhídrico y enzimas como la pepsina.
- **Molleja:** la mezcla de alimento y jugo gástrico pasa rápido al estómago muscular denominado molleja, en donde el alimento granulado se tritura (no hay masticación). La molleja es el órgano director del aparato digestivo de las aves. El tránsito correcto del bolo alimenticio al intestino delgado y la motilidad de las paredes del sistema digestivo dependen de su funcionalidad. Interviene además en la producción de enzimas y secreciones biliares en el tracto gastrointestinal, lo que afecta a la digestibilidad de los nutrientes. Por lo tanto, el correcto desarrollo de la molleja es fundamental para la eficiencia de la alimentación.

- Intestino delgado: el alimento triturado pasa después al intestino delgado, en donde se segrega el jugo entérico, el jugo pancreático y la bilis.
- Intestino grueso: posee dos ciegos, colon y recto que desemboca en la cloaca.

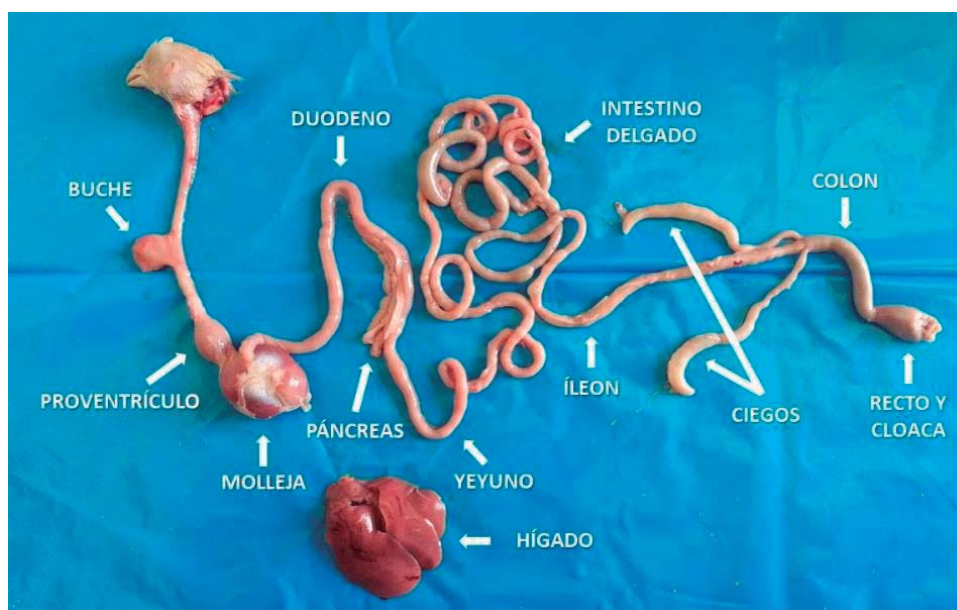


Figura 12. Sistema digestivo de un broiler

Desde el punto de vista de la digestión, en las aves son muy importantes los movimientos antiperistálticos, que revierten el sentido del flujo de la digesta y permiten que se prolongue el tiempo de mezcla de éste con las enzimas endógenas y, por lo tanto, se mejore la eficiencia de la digestión.

En el intestino grueso de las aves se produce una pequeña fermentación microbiana, aunque ésta se considera despreciable en términos cuantitativos, por lo que las emisiones de metano en las aves pueden ser consideradas nulas.

En la cloaca confluyen el recto y las vías urogenitales, así que la excreta es una mezcla de heces y orina. La orina contiene una gran cantidad de compuestos nitrogenados, pero, a diferencia de los mamíferos, en las aves éstos son expulsados en forma de ácido úrico, cuya volatilidad es mucho menor que la de la urea que excretan los mamíferos.

La digestión de las aves es similar a la de los mamíferos monogástricos, aunque menos eficaz porque el tubo digestivo es corto y, a pesar de los movimientos antiperistálticos, el tránsito de los alimentos es muy rápido. Por ello, se necesitan piensos con una alta concentración energética. Sin embargo, esto puede provocar un ajuste ineficiente de consumo, ya que las aves, alimentadas *ad libitum*, tienden a consumir más de lo necesario para satisfacer sus necesidades de energía.

De los 20 a los 35 días de vida es cuando se produce el mayor desafío de problemas entéricos, por lo que resulta imprescindible la evaluación de la integridad intestinal mediante la realización de necropsias por parte de los veterinarios de la explotación (Teirlynck et al., 2011; Johnson y Reid, 1970).

3.2.4.2.- Cama

El mantenimiento de una cama seca y friable es básico durante todo el ciclo, reponiendo material siempre que sea necesario. A partir del 25 % de humedad se ven comprometidas las propiedades de amortiguación, aislamiento y capacidad de retención de agua

(Collet, 2012). El contenido de humedad crítica para la aparición de dermatitis plantares se sitúa en torno al 35 % (El-Wahab et al., 2012). *Salmonella* spp., *E. coli* y los coccidios se pueden controlar con el mantenimiento de una baja humedad de la yacija.

3.2.5.- Preparación de los animales para el sacrificio y carga

Cuando los animales han alcanzado el peso objetivo, previo a toda carga se realiza una inspección visual de los mismos por parte del veterinario responsable de la explotación, quedando reflejado en un certificado sanitario la ausencia de enfermedades o problemas en el lote a sacrificar.

También van acompañados de una Información sobre la Cadena Alimentaria (ICA) de animales destinados a matadero donde se informa de los tratamientos suministrados a los animales, la tasa de mortalidad acumulada, las tomas de muestras realizadas, la ausencia de enfermedades y los programas sanitarios que se siguen en la explotación.

La planificación para el sacrificio es fundamental para poder ofrecer animales ajustados a los pesos requeridos por el mercado. La base de datos con la que se trabaje debe permitir saber el peso de los animales a tiempo real y la previsión de peso a edad de matanza. También el pienso (tipo y cantidad) que estén consumiendo en cada momento, y tratamientos si los hubiera, lo que garantiza la total trazabilidad del procedimiento.

Antes de efectuar la carga, se debe realizar un corte en el suministro de agua y de pienso. El ayuno debe iniciarse de 8 a 12 h antes del sacrificio de las aves para evitar la contaminación de canales durante el proceso de eviscerado. Entre 6 y 8 h previo a la carga, según la densidad de animales en granja, se levantan las líneas de comederos para que no haya posibilidad de acceso al pienso. La retirada del agua se realiza lo más tarde posible.

Un ayuno insuficiente provoca que el tracto digestivo quede lleno. Parte de los intestinos se reubican próximos a la cloaca, y esto, unido a que la resistencia de las paredes intestinales está reducida durante las operaciones de retirada de cloaca, provoca que puedan rasgarse o cortarse y supongan una fuente de contaminación de la canal. Si hubiera presencia de pienso en el buche, se procede al retirado manual de su contenido, con las pérdidas económicas que origina la ralentización del faenado.

Por otra parte, un ayuno excesivo provoca fermentaciones bacterianas y aumento de gases intestinales, incrementando el riesgo de rotura y contaminación de las canales. Además, el animal podría ingerir el material de la cama, suponiendo una nueva fuente de contaminación y se perdería peso y rendimiento de la canal por deshidratación.

3.2.5.1.- Carga de los animales

Inmediatamente antes de la carga se suben las campanas de calefacción y se retira o levanta todo el equipo que pueda interferir con el equipo de recogida. El sistema de ventilación se mantiene encendido.

La carga se suele realizar en horario nocturno, para minimizar el estrés de los animales. Si fuese necesario cargar de día, se deben colocar cierres de contención en el interior de la granja para evitar amontonamientos.

Durante la recogida, que se puede realizar de manera manual o con máquinas especializadas, se respetan las normas de bienestar. Un manejo inadecuado durante la carga puede ocasionar heridas, huesos rotos e incluso la muerte. Una formación adecuada del equipo de captura, ajustando la velocidad de carga y utilizando la técnica correcta resulta esencial.

El proceso de captura y carga debe ser bien planificado, con el número correcto de personas que manejen las aves sin prisas, pero reduciendo al mínimo el tiempo empleado.

Unas buenas condiciones de captura deben incluir:

- Acceso claro al camión
- Camión limpio y desinfectado
- Luz azul/roja de noche o intensidad de luz reducida
- Buen mantenimiento de todo el equipamiento
- Ropa apropiada del equipo de recogida
- Manos limpias y desinfectadas

Los equipos de captura deben moverse despacio, en silencio y con constancia a través del grupo de animales y posicionarse correctamente en la nave. No deben coger aves lejos del contenedor y deben prestar atención cuando se colocan aves en las filas superiores y cargarlas de manera que no sufran daños ni en alas ni en patas.

No deben capturarse aves por el cuello ni golpear ningún objeto mientras son cargadas. Los broilers pueden ser capturados por una pata, pero deben ser cogidos por el cuerpo para minimizar el riesgo de heridas. Si se cargan a mano, se pueden cargar hasta 5 pollos de menos de 2 kg en una mano y hasta 3 pollos cuando pesan más de 2 kg y usar la otra mano para soportar el peso de sus cuerpos, evitando el aleteo lo máximo posible.

Nunca se carga pollo de triaje o con signos de malestar.

El chofer debe comprobar la documentación oficial del traslado de animales, ICA y precintos, sin los cuales no podrá cargar las aves. El encargado de la nave está presente durante toda la carga, ya que es el responsable del bienestar animal y la comunicación con el responsable de matadero o el veterinario de explotación debe ser inmediata si fuese necesaria ante cualquier incidencia.

Los módulos que contendrán a los animales se bajan al interior de la nave y se van llenando los cajones uno a uno, con el número de pollos por módulo ajustado en función al peso previsto, garantizando el bienestar animal (Figura 13).



Figura 13. Carga de aves en un núcleo avícola

Las aves deben evitar mojarse en todo momento y en particular cuando hace frío, por ello se pueden colocar lonas en los meses de invierno.

Una vez lleno el camión, se dirige directamente al matadero, donde se pesa para determinar la tara y el peso vivo medio de los animales.

Cuando la nave queda vacía, se retira el abono de acuerdo a las normas ambientales establecidas, y se llevan a cabo las tareas de limpieza, desinfección y mantenimiento anteriormente mencionadas.

3.3.- ALIMENTACIÓN

La producción de carne de pollo ha evolucionado mucho en los últimos años, tanto en la genética, como en las instalaciones, y en el manejo de la reproducción, incubación, cría y sacrificio de las aves. Sanitariamente, también se conocen cada vez mejor los problemas que se afrontan, así como su prevención y control.

La nutrición no se ha quedado atrás, y ha superado desafíos importantes como la retirada de los promotores de crecimiento, que obligó a buscar alternativas para el control de los procesos digestivos (probióticos, prebióticos, acidificantes, coccidiostatos...).

Además, se han logrado avances con otros aditivos funcionales o tecnológicos como fitasas, xilanasas y β -glucanasas, proteasas con actividad enzimática, inmunomoduladores, secuestrantes de micotoxinas, etc. Se ha conseguido un mejor conocimiento de los requerimientos nutritivos de los broilers en cada una de las fases de su desarrollo, y de las materias primas para el diseño de las dietas, con el apoyo de vitaminas, minerales con fuentes orgánicas de mayor absorción y nuevos aminoácidos sintéticos más disponibles.

A todos estos progresos hay que añadir los conseguidos en los procesos de fabricación y control de calidad, tanto del pienso como de cada uno de los ingredientes que lo componen.

Actualmente es fundamental ajustar bien los programas de alimentación de los pollos, estableciendo un número adecuado de dietas, su composición y la mejor presentación física para cada edad y objetivos de crecimiento para optimizar los costes de producción.

La producción avícola actual tiene como retos importantes garantizar la seguridad alimentaria, proteger el medio ambiente y buscar el máximo bienestar de las aves, cumpliendo la legislación vigente en estos temas, pero no debe olvidar los dos objetivos que le permitirán sobrevivir en el mercado y ser competitiva: producir carne de máxima calidad al mínimo coste posible.

La nutrición es la variable con mayor impacto en la productividad, la rentabilidad y el bienestar del pollo de engorde. La formulación y el balance de las dietas los debe realizar un especialista en nutrición, pero el encargado de la granja debe conocer el contenido nutricional del alimento que suministra a sus aves. Es necesario realizar además análisis rutinarios del alimento que reciben para comprobar que se están obteniendo los contenidos nutricionales formulados y que el pienso es el mejor posible.

El programa de alimentación comprende la secuencia y las características de los piensos a administrar a los animales a lo largo de su vida productiva.

La nutrición animal de precisión trata de proporcionar al animal la alimentación que cumpla en cada momento sus requerimientos nutricionales para la eficiencia productiva óptima, producir alimentos de origen animal de mejor calidad para los consumidores y contribuir a un medio ambiente más limpio, sin olvidar la rentabilidad de los productores. Para conseguirla, se mejoran las técnicas de procesamiento, se realiza una formulación precisa de raciones, se emplea el concepto de proteína ideal y la alimentación por fases. Con la ayuda de la espectroscopia de reflectancia del infrarrojo cercano (NIRS) y del análisis proximal se puede determinar con exactitud el contenido nutricional de los ingredientes.

3.3.1.- Formulación

Los ingredientes utilizados para las dietas del broiler deben ser frescos y de alta calidad, tanto física como en términos de digestibilidad de nutrientes.

Los principales ingredientes son:

- Cereales: trigo, maíz, cebada y sorgo
- Harinas oleaginosas: soja, colza y girasol
- Grasas y aceites

- Minerales: carbonatos, fosfatos, sal y bicarbonato
- Correctores: microminerales y vitaminas
- Otros aditivos: enzimas (fitasas, xilanasas y β -glucanasas, proteasas), probióticos, ácidos orgánicos, aceites esenciales y adsorbentes de micotoxinas

El sistema tradicional de alimentar al broiler consiste en administrar una secuencia de piensos a lo largo de su vida productiva, de forma que cada uno de ellos satisfaga las necesidades de los diversos nutrientes en el punto medio del período en que se suministra ese pienso. Por lo tanto, la primera decisión a tomar es el número de piensos que se va a suministrar a las aves, y las cantidades aproximadas de cada uno de ellos. Esto dependerá de criterios de optimización del transporte y logística de la fábrica y las granjas.

Una vez se ha tomado la decisión, se debe formular la composición nutricional de cada uno de los piensos, que a su vez depende de numerosos factores, siendo los más importantes:

- Energía.
- Proteína y aminoácidos.
- Fibra dietética.
- Macrominerales
- Microelementos: microminerales y vitaminas.
- Aditivos: enzimas, pigmentantes y coccidiostatos

3.3.1.1.- Energía

La energía no es un nutriente en sí, sino una manera de describir los nutrientes que producen energía al ser metabolizados; es necesaria para mantener las funciones metabólicas y el desarrollo del peso corporal.

El pollo de engorde necesita energía para el crecimiento, el mantenimiento y la actividad de sus tejidos. Las principales fuentes de energía en los alimentos avícolas normalmente son granos de cereal (carbohidratos) y aceites o grasas. En las aves de corral las necesidades de energía se valoran como energía metabolizable aparente (EMA), que representa la porción de energía de los alimentos que queda disponible para los procesos metabólicos del animal, es decir, la cantidad de energía total del alimento consumido menos la cantidad de energía excretada. La EMA nos da una medida adecuada del valor nutritivo de los alimentos, y se emplea en lugar de la energía digestible porque en aves es difícil de determinar la digestibilidad de los nutrientes, al excretar conjuntamente heces y orina (FEDNA, 2018).

Los valores de energía metabolizable aparente suelen corregirse en nitrógeno (EMAN; retención nitrogenada cero) para tener en cuenta que parte del nitrógeno queda retenido como proteína tisular o proteína del huevo, o es excretado en forma de ácido úrico. Para calcular la EMAN se añaden o sustraen 8,22 kcal por cada gramo de nitrógeno excretado o retenido, asumiendo que es la cantidad de energía que corresponde a 1 g de nitrógeno en forma de ácido úrico (NRC, 1994).

Los carbohidratos son la parte más grande de la dieta de las aves. Aparecen en gran cantidad en las plantas, en forma de azúcares, almidones o celulosa. El almidón es la principal fuente de energía para los broilers y el único carbohidrato complejo que pueden digerir, pues las aves no poseen un sistema de enzimas eficiente para digerir la celulosa ni otros carbohidratos complejos. Así, sólo los ingredientes que contengan almidón, sacarosa o azúcares simples, como el maíz o el trigo, son fuentes adecuadas de energía.

Las grasas tienen más del doble de energía que cualquier otro nutriente, por lo que son una fuente muy importante de la misma en las dietas actuales. Son importantes también para la absorción de las vitaminas liposolubles: A, D₃, E y K, y son fuente de ácidos grasos esenciales.

Las necesidades energéticas de los animales se dividen en no productivas y productivas. La no productiva comprende las necesidades energéticas de mantenimiento y termorregulación. La energía metabolizable productiva es el conjunto de necesidades energéticas del animal para su crecimiento.

La concentración energética de los piensos es el componente que más influye sobre los rendimientos productivos, especialmente el índice de conversión. El nivel óptimo de energía del pienso es aquel que consigue el menor coste por kilogramo de pollo producido. Para ello, se evalúa la optimización de fórmulas a varios niveles energéticos y se decide aquella cuyo coste multiplicado por el índice de conversión esperable sea el más bajo (formulación a mínimo coste de la kilocaloría equilibrada). Una vez fijada la concentración energética, es necesario fijar los otros nutrientes en relación a la concentración energética elegida (Figura 14).

		Iniciación	Crecimiento	Cebo	Acabado
		(0 a 14 d)	(15 a 23 d)	(24 a 36 d)	(> 37 d)
Peso vivo inicial	g	42	480	1.082	2.239
Peso final	g	480	1.082	2.239	2.997
EMAn	kcal/kg	2.950	3.050	3.100	3.120
Fibra bruta, mín.-máx. ¹	%	2,85-3,87	3,0-4,1	3,05-4,3	3,05-4,4
Ác. linoleico, mín.-máx. ²	%	0,8-Libre	0,6-Libre	0,6-2,6	0,5-2,3
Proteína bruta mín.	%	21,2	20,0	18,5	17,5
Aminoácidos digestibles					
Lisina dig.	%	1,22	1,10	1,00	0,92
Metionina dig.	%	0,49	0,45	0,41	0,38
Metionina+cisteína dig.	%	0,90	0,84	0,76	0,70
Treonina dig.	%	0,79	0,73	0,66	0,61
Triptófano dig.	%	0,21	0,20	0,18	0,17
Isoleucina dig.	%	0,82	0,75	0,68	0,63
Valina dig.	%	0,96	0,87	0,79	0,73
Arginina dig.	%	1,28	1,17	1,06	0,98
Gly equiv. dig. ³	%	1,54	1,30	1,18	1,09
Aminoácidos totales					
Lisina total	%	1,38	1,25	1,13	1,04
Metionina total	%	0,55	0,51	0,46	0,43
Metionina+cisteína total	%	1,02	0,95	0,86	0,79
Treonina total	%	0,90	0,83	0,75	0,69
Triptófano total	%	0,23	0,23	0,20	0,19
Isoleucina total	%	0,92	0,85	0,77	0,71
Valina total	%	1,08	0,99	0,89	0,82
Arginina total	%	1,45	1,33	1,20	1,10
Gly equiv. total ³	%	1,74	1,48	1,34	1,23
Calcio, mín-máx	%	0,98-1,05	0,90-0,95	0,75-0,85	0,70-0,80
Fósforo total ⁴	%	0,66	0,58	0,56	0,52
Fósforo disponible	%	≥0,48	0,43	0,38	0,35
Fósforo digestible	%	0,45	0,40	0,34	0,32
Cloro, mín.-máx.	%	0,17-0,27	0,17-0,28	0,16-0,32	0,15-0,32
Sodio, mín.-máx. ⁵	%	0,19-0,23	0,17-0,20	0,16-0,19	0,15-0,18
Potasio, mín.-máx.	%	0,51-1,15	0,50-1,10	0,46-1,05	0,40-1,00

Figura 14. Recomendaciones nutricionales para pollos de carne (FEDNA, 2018; permitido por FEDNA)

Las aves, en general, comen para satisfacer sus necesidades energéticas. Por eso, consumen más con piensos bajos en energía que con piensos ricos en energía. Pero en aves jóvenes o con piensos muy limitados en energía la capacidad de ingestión disminuye por la baja capacidad del aparato digestivo y la consecuencia es que el pollo puede consumir menos energía de la necesaria, sobre todo con presentación del pienso en forma de harina y en épocas de calor. Sin embargo, las necesidades en aminoácidos y en minerales permanecen constantes, por lo que es

preciso aumentar su concentración en el pienso para compensar la reducción del consumo del mismo (FEDNA, 2018).

El pollo actual tiende al sobreconsumo de energía con piensos granulados o muy concentrados, lo que resulta en mayores ganancias de peso y canales más engrasadas (Dozier y Gehring, 2014; Classen, 2017). Con piensos en harina los niveles bajos de energía afectan más a los crecimientos diarios, por ello, es recomendable usar niveles superiores de EMAn en piensos en harina que en piensos en gránulo, si el factor de ganancia de peso es prioritario.

En la actualidad, las necesidades sociales del consumidor de la UE, relacionadas con el bienestar animal y el compromiso con el medio ambiente, tienden hacia el uso de piensos y materias primas menos concentradas y crecimientos más lentos.

3.3.1.2.- Proteína y aminoácidos

Las proteínas del alimento, como las que se encuentran en los granos de cereal y en la harina de soja, se descomponen durante la digestión y generan aminoácidos, que son compuestos orgánicos que contienen carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre. A su vez, los aminoácidos se absorben y ensamblan para construir proteínas que formarán los tejidos (músculos, nervios, piel y plumas). De esta manera, los principales productos de las aves están compuestos de proteína.

Las propiedades de una proteína están determinadas por el número, tipo y secuencia de aminoácidos que la componen. Las especies monogástricas no tienen necesidades específicas en proteína bruta sino en aminoácidos digestibles (Block y Dekker, 2017). Por tanto, las aves no tienen unas necesidades en proteína como tal, sino que sus necesidades se expresan en aminoácidos.

Si la dieta cumple con el balance de aminoácidos recomendado, el pollo de engorde responde en términos de crecimiento, eficiencia y rendimiento. El aumento en los niveles de aminoácidos digestibles supone un aumento en el desarrollo y el rendimiento en el procesado del animal. Pero en términos económicos, los precios de los ingredientes y los valores de la carne son los que se tienen en cuenta para administrar una densidad nutricional u otra.

Para seleccionar los ingredientes en la elaboración de las raciones hay que tomar en consideración tanto el perfil de aminoácidos como la digestibilidad de la fuente de proteína. Estos factores marcan la calidad de la misma, y no la proteína bruta de un ingrediente. En la formulación de piensos se trabaja tanto con el concepto de proteína bruta como de aminoácidos concretos. Una parte de los aminoácidos ingeridos pueden ser transformados en otros por transaminación. Sin embargo, otros aminoácidos, conocidos como aminoácidos esenciales, no pueden ser obtenidos por medio de la transaminación y deben ser ingeridos directamente por el animal.

En las tablas FEDNA (2019) figura la digestibilidad real de cada aminoácido para las aves. También la digestibilidad aparente de la proteína bruta de cada componente de las raciones. Los aminoácidos absorbidos suponen alrededor del 80 % de la proteína bruta ingerida; y de éstos, el 35 % se desamina, lo que significa que no son metabólicamente útiles. De esta manera la eficiencia de utilización de la proteína es del 65 %. Así, los aminoácidos netos o disponibles para la síntesis proteica, según estos valores medios, son el 52 % de la proteína bruta.

El valor biológico de una proteína, que corresponde a su eficiencia de utilización, está determinado por la riqueza en aminoácidos esenciales. Por eso, además de considerar el nivel de proteína bruta de cada materia prima, hay que tener en cuenta el contenido de aminoácidos limitantes que posee. Los aminoácidos que limitan la producción en aves son la lisina y aminoácidos azufrados como la metionina y la cisteína, además de la treonina. En piensos basados en trigo o cebada son importantes también la valina y la isoleucina. En piensos

elaborados con sorgo, se debe vigilar la arginina, mientras que en los que tienen maíz o gluten el aminoácido a supervisar es el triptófano. En pollitos de primera edad, la glicina y la serina podrían llegar a ser también limitantes (FEDNA, 2018).

Al igual que en el caso de la energía metabolizable, la ingesta necesaria de proteína bruta viene dada por la suma de proteína bruta necesaria para cada actividad y para el mantenimiento del animal. En pollos, las necesidades proteicas dependen fundamentalmente de su edad y peso. Un déficit proteico provoca menor crecimiento, mayor deposición de grasa y mayor dificultad para sintetizar proteínas con actividad metabólica (enzimas, anticuerpos...) y, por lo tanto, un empeoramiento del sistema inmune y mayor incidencia de enfermedades. Además, puede aparecer canibalismo entre los animales jóvenes. Por otra parte, un exceso de proteína incrementa la excreción de nitrógeno, con los problemas medioambientales que supone, además de un empeoramiento de las condiciones de la yacija.

Las aves no pueden almacenar el exceso de proteína como tal, sino que deben transformarlo en energía o depositarlo en forma de grasa. Para ello, necesitan desaminar los aminoácidos y eliminar lo antes posible los componentes nitrogenados generados, muchos de ellos tóxicos. La presencia de amoníaco y otros compuestos ricos en nitrógeno en el tracto digestivo es perjudicial y la proteína indigestible que fermenta en el ciego potencia el crecimiento de *Clostridium* spp (FEDNA, 2018).

Los niveles de proteína bruta y aminoácidos de un pienso se basan en recomendaciones facilitadas por diferentes autores, organismos oficiales, firmas comerciales proveedoras de aminoácidos o por las empresas proveedoras de la estirpe de pollo utilizada. Cuando la reducción de la contaminación ambiental sea objetivo prioritario, los niveles de proteína bruta recomendados podrían reducirse entre 1 y 2 puntos, dependiendo del tipo de ave, del sistema de producción, del control de los procesos de fabricación y de los objetivos marcados por la empresa.

3.3.1.3.- Fibra dietética

En formulación se trabaja con el parámetro fibra bruta, lo que excluye la valoración correcta de pectinas, hemicelulosas, celulosa y lignina de las materias primas.

Anteriormente se pensaba que los piensos para aves debían incluir la menor cantidad posible de fibra bruta por sus efectos negativos sobre la palatabilidad, el consumo voluntario y la digestibilidad de los nutrientes (Janssen y Carré, 1985). Sin embargo, trabajos más recientes indican que un mínimo de fibra, al igual que una molienda gruesa de los ingredientes, favorece el desarrollo del tracto gastrointestinal, la motilidad intestinal y probablemente el reflujo de la digesta (Jiménez-Moreno et al., 2009; Mateos et al., 2012), a la vez que estimula el funcionamiento de la molleja, la producción de ácido clorhídrico y la actividad de las enzimas digestivas. Además, niveles moderados de fibra modifican el perfil de la flora intestinal en el tracto gastrointestinal distal con un incremento de la flora celulolítica a expensas de la proteolítica (Kalmendal et al., 2011; Mateos et al., 2012), lo que reduce el pH cecal, aumenta la producción de ácido butírico y mejora la inmunidad general de las aves. Así, las recomendaciones de fibra bruta se han ido incrementando paulatinamente en las distintas edades del ave.

3.3.1.4.- Macrominerales

En la nutrición mineral, hay quince elementos considerados esenciales. Siete son macrominerales (calcio, fósforo, potasio, sodio, cloro, magnesio y azufre) y los ocho restantes son microminerales o minerales traza (cobalto, cobre, yodo, hierro, manganeso, molibdeno, selenio y zinc).

Los macrominerales son muy importantes para el pollo de engorde. Además de en la formación de los huesos, intervienen en la formación de células sanguíneas, la activación de enzimas, el metabolismo de la energía y la función adecuada de los músculos.

El suministro de los niveles adecuados y bien balanceados es fundamental para promover el crecimiento, el desarrollo esquelético y el sistema inmune, así como para mantener la calidad de la cama.

El calcio y el fósforo son esenciales para el desarrollo del esqueleto. El desarrollo armónico del esqueleto en los primeros 10 días de vida del pollo es clave para evitar problemas locomotores posteriores.

El calcio interviene también en numerosos procesos metabólicos como la coagulación de la sangre, las contracciones musculares y la transmisión de los impulsos nerviosos. Su déficit provoca movilización del calcio óseo y pérdidas de fósforo a través de la orina, y su exceso reduce la actividad de las fitasas, interfiriendo en la absorción del fósforo y perjudicando la calcificación ósea, además de reducir la palatabilidad y el consumo de pienso. Se formula como calcio total.

El fósforo es esencial para el organismo y sus principales funciones en el ave son formar parte del esqueleto, participar en la transferencia de energía y constituir parte de las biomembranas, de los ácidos nucleicos y de algunas proteínas. Es el mineral que más compromete a un nutricionista para formular el pienso. Su carencia origina picajes y canibalismo y su exceso provoca contaminación ambiental. Se formula como fósforo digestible. La expresión de las necesidades de fósforo en las aves es el objetivo de numerosos estudios sobre nutrición aviar (Van der Klis y Versteegh, 1996; Shastak y Rodehutschord, 2013). En las materias primas de origen vegetal el fósforo suele presentarse en un porcentaje elevado en forma de fitatos, lo que impide que pueda ser asimilado al carecer las aves de las enzimas necesarias para su digestión. A causa de esta limitada disponibilidad se han empleado fosfatos de origen mineral o animal, mucho más disponibles, para asegurar un suministro adecuado del mismo. Por otra parte, su excreción tiene un alto impacto ambiental que se ha intentado reducir en la actividad ganadera mediante el uso de fitasas exógenas, que rompen la estructura de los fitatos y permiten una mayor disponibilidad del fósforo contenido en las materias primas.

Las necesidades de otros minerales como sodio, potasio y cloro en aves son difíciles de cuantificar debido al gran número de procesos metabólicos en los que intervienen. El más estudiado es el sodio, fundamental para el balance hídrico, la homeostasis y la asimilación de nutrientes (Mushtaq et al., 2013). Un déficit de sodio reduce el consumo de pienso y aumenta el nerviosismo, mientras que su exceso origina camas húmedas, especialmente en inviernos húmedos y en naves abiertas o mal aisladas (Jankowski et al., 2011). Un exceso moderado aumenta ligeramente el consumo de pienso, lo que podría resultar útil en verano para ayudar a disipar el calor por el jadeo de las aves.

El balance electrolítico, definido como la relación sodio-potasio-cloro, tiene un papel relativamente importante en el consumo de pienso y agua, y en la incidencia de camas húmedas (Vieira et al., 2003; Borges et al., 2004; Collet et al., 2012).

3.3.1.5.- Microelementos: microminerales y vitaminas

Los microminerales y las vitaminas son necesarios para las funciones metabólicas. La suplementación adecuada de estos micronutrientes depende de los ingredientes utilizados en el alimento, su proceso de fabricación, la logística de su manejo (condiciones de almacenamiento y tiempo que pasa en los silos de la granja), y las circunstancias locales como el contenido de minerales traza en los suelos (Mateos et al., 2006).

Normalmente las recomendaciones propuestas para algunas vitaminas se presentan separadamente, dependiendo de los granos de cereal que se incluyan en la dieta, por ejemplo, trigo o maíz. Se deben tener en cuenta los límites legales establecidos por la UE, cada vez más restrictivos, sobre niveles máximos de inclusión en pienso de determinados minerales traza y de algunas de las vitaminas liposolubles.

Los microelementos más estudiados han sido la vitamina A, esencial en el correcto funcionamiento de la piel y en el recubrimiento del tracto digestivo, respiratorio y reproductivo; el grupo B, importantes en el metabolismo energético; la vitamina E, la vitamina C y la vitamina D₃, con funciones fundamentales en la formación del hueso y en el metabolismo del calcio y del fósforo. Asimismo, se ha investigado el empleo de la colina en broilers y ponedoras, de la biotina, el ácido fólico y la vitamina E en reproductoras pesadas, así como del manganeso, cobre, zinc y selenio en todo tipo de aves.

En general, todos los metales tienen un poder contaminante potencial si se acumulan en grandes cantidades en el agua y en las capas superiores del suelo. Normalmente, las plantas toleran bien altos niveles de metales, pero pueden acumularse y causar toxicidad posteriormente en humanos y animales tras su ingestión. Los microminerales con un impacto potencial más importante sobre el medio ambiente son el cobre y el zinc (Fernández, 2014).

No se conocen suficientemente ni las necesidades de las aves para la mayoría de las vitaminas y microminerales, ni el contenido disponible de las materias primas, por lo que no hay acuerdo entre autores sobre la composición óptima de los correctores a utilizar en las distintas especies.

3.3.1.6.- Enzimas

Los aditivos más utilizados son las enzimas, los ácidos orgánicos y los pigmentantes. También se pueden añadir pre y probióticos, antioxidantes, secuestrantes de micotoxinas, minerales orgánicos y aceites esenciales.

Las enzimas exógenas más conocidas y utilizadas en avicultura son carbohidrasas, proteasas y fitasas (Adeola y Cowieson, 2011).

Como las enzimas mejoran la digestibilidad de la proteína, es frecuente que se les asigne un valor extra en relación con la utilización de los aminoácidos, añadiendo un valor energético extra al cereal o bien incluyendo una matriz a utilizar en la formulación.

La fitasa microbiana es la enzima más empleada en alimentación animal. Tiene la capacidad de reducir el efecto antinutricional del fitato (reserva vegetal del fósforo orgánico) mejorando la digestibilidad del fósforo, así como de disminuir significativamente el impacto medio ambiental reduciendo el exceso de fósforo inorgánico excretado. Las nuevas generaciones de fitasas se caracterizan por una mayor eficacia a pH ácido, una mayor afinidad por la molécula de fitato y la resistencia a proteasas endógenas, lo que les permite liberar un mayor porcentaje de fósforo. La incorporación de fitasas al pienso ha supuesto grandes mejoras en la digestibilidad del fósforo, pero también del calcio, zinc y otros minerales, pues estas enzimas liberan no sólo iones fosfato de la molécula base del fitato, sino también otros nutrientes como el almidón, mejorando el valor nutricional de los ingredientes y los rendimientos productivos de las aves (Campasino et al., 2014).

El efecto de las fitasas depende tanto de la fitasa *per se* y la dosis utilizada, como del contenido en fitatos, calcio y vitamina D del pienso, tamaño de partícula, temperatura de granulación, tipo de ave y estado sanitario de la explotación. Dos factores clave son el pH y el nivel de calcio del pienso (Amerah et al., 2014), ya que niveles bajos de calcio y una reducción del pH en el tracto digestivo proximal mejoran la actividad de las fitasas y garantizan una buena osificación del esqueleto (Angel, 2017).

3.3.1.7.- Pigmentantes

Los pollos tienen grasa amarilla y depositan las xantofilas y carotenoides que ingieren con el pienso en tarsos y piel. En España se usan las xantofilas amarillas y xantofilas rojas en formulación, y se juega con la relación entre ambas para obtener los distintos tonos requeridos (amarillos/anaranjados) en función de las demandas del mercado.

Varios pigmentantes tienen carácter de aditivos en el marco de la UE, por lo que su uso está regulado, y niveles máximos autorizados para su uso. Es importante el uso de grasa de calidad en el pienso para mejorar la absorción de estos pigmentantes.

3.3.1.8.- Coccidiostatos

La coccidiosis es una enfermedad causada por diferentes especies de parásitos protozoarios del género *Eimeria*, que provoca graves pérdidas económicas por el daño que causan al intestino del ave y su capacidad de absorción de nutrientes y pigmentantes, alterando el crecimiento, la uniformidad de los lotes y el estado de la yacaja. Los ooquistes de estos protozoos son muy resistentes al ambiente y los desinfectantes. Se presenta frecuentemente de manera subclínica y favorece la disbacteriosis y otras enfermedades como la enteritis necrótica, causada por la bacteria anaeróbica *Clostridium perfringens*.

Los ooquistes de estos protozoos son muy resistentes al ambiente y los desinfectantes.

La inclusión de coccidiostatos en el pienso es el medio más efectivo para controlar la enfermedad, pero con su uso repetido se generan resistencias, por eso se emplea la vacunación como estrategia para reemplazar ooquistes de campo por ooquistes vacunales más susceptibles a su control.

Se emplean normalmente dos tipos de coccidiostatos en el alimento: antibióticos ionóforos y compuestos sintéticos o químicos. Se recomienda su rotación cada dos o tres ciclos de producción, o el intercambio de productos (programas duales, uso de un tipo en el pienso de iniciación y otro en el de engorde) para conservar la efectividad de los mismos.

3.3.2.- Presentación

Los parámetros relacionados con la presentación del pienso son:

- Forma y calidad física del alimento
- Porcentaje de trigo entero
- Tipo de pienso del que se trate

3.3.2.1.- Forma y calidad física del alimento

El crecimiento del pollo de engorde es el resultado de la ingesta del alimento y del contenido nutricional del mismo. La ingesta se ve afectada por la forma del alimento, y es mejor cuando el pienso se suministra en migajas, minipellets o pellets de buena calidad (Amerah et al., 2007a; Chewning et al., 2012).

Si el alimento presenta partículas de tamaño desigual, puede producirse un desperdicio del mismo, ya que las partículas más pequeñas caen fácilmente de los picos de las aves, especialmente cuando las aves tienen acceso constante al pienso. Por ello, las aves que consumen mayores niveles de harinas o finos (partículas menores de 1 mm) empeoran su eficiencia productiva.

Para granular, normalmente se realiza una molienda fina, mientras que la harina se realiza con moliendas gruesas de los ingredientes. Los efectos de la forma del pienso y tamaño de partícula son totalmente diferentes en el ave (aunque a veces se confundan) y cada tipo de presentación tiene sus ventajas e inconvenientes.

Una vez consume el gránulo ya no hay efecto de la forma de presentación, pero sí del tamaño fino de la molienda. Al reducir el tamaño de partícula del alimento la granulación favorece el tránsito rápido del bolo alimenticio a través de la parte proximal del tracto gastrointestinal; el ave no se siente saciada y tiende a aumentar el consumo. Además, ese molido fino perjudica la funcionalidad de la molleja con un menor desarrollo de las capas musculares de la misma. Distintos estudios (Brickett et al., 2007; Serrano et al., 2012, 2013; Jiménez-Moreno et al., 2016) han mostrado que de 0 a 21 días de edad la presentación en migas o microgránulos mejora el consumo voluntario en comparación con la presentación en harina, con un incremento del 15-20 % en el crecimiento. Por ello, el alimento de iniciación, y la primera ración del alimento de crecimiento se suministran habitualmente en forma de migajas o microgránulos.

Las siguientes raciones suelen suministrarse en forma de pellets. La granulación modifica dos aspectos fundamentales del pienso: reduce el tamaño de partícula y mejora la presentación del mismo. La presentación en gránulo reduce las mermas por formación de polvo en fábrica, las pérdidas durante el transporte y el desperdicio de pienso en el comedero, facilita el consumo por el ave y disminuye las necesidades de mantenimiento, ya que el pollo come más rápido y descansa durante más tiempo. Por lo tanto, las mayores ventajas del gránulo tienen lugar previo a su consumo, desde el inicio de la fabricación hasta el momento en que el ave lo ingiere (Manteca, 2017).

Las ventajas de las migas o microgránulos dependen de la calidad del granulado. Las migajas o gránulos de mala calidad provocan una reducción de la ingesta y del rendimiento (Tabla 3), así que es deseable que el porcentaje de finos a la altura del comedero no supere el 25 %. Así Lilly et al. (2011) observaron que por cada 10 % de reducción en porcentaje de finos del pienso se conseguían 10 gramos más de peso canal y 4 gramos más de peso de pechuga en pollos de 21 a 38 días de edad.

Tabla 3. Efecto de la calidad del gránulo sobre la ganancia media diaria (GMD) y el índice de conversión (IC) (Modificado de Mc Kinney y Teeter, 2004).

Calidad del gránulo Broilers (31 a 38 d)			
Presentación	Finos (%)	GMD (g/día)	IC (g/g)
Gránulo	0	103,5	1,87
Gránulo	20	100,1	1,88
Gránulo	40	98,1	1,92
Gránulo	60	97,8	1,93
Gránulo	80	96,4	1,95
Harina	100	91,8	2,02

Por el contrario, las partículas gruesas permanecen en la molleja, mejorando el desarrollo de las capas musculares y el funcionamiento del órgano. La mayor motilidad de las paredes y mucosas del aparato digestivo mejora el estatus sanitario y la productividad de las aves (Engberg et al., 2002; Amerah et al., 2007b). Así, en ausencia de antibióticos y con camas húmedas, es aconsejable aumentar el tamaño de las partículas del pienso, aun cuando se perjudique un poco la calidad del gránulo.

La mayoría de estudios indican que el crecimiento del pollo y la eficiencia del alimento mejoran con la presentación del pienso en forma de gránulo. Estas mejoras en el rendimiento se atribuyen a los siguientes factores:

- Reducción en el desperdicio de alimento
- Reducción de la alimentación selectiva
- Reducción en la separación de ingredientes
- Menor tiempo y energía empleados para comer
- Destrucción de organismos patógenos
- Cambios térmicos de almidones y proteínas
- Mejor palatabilidad del alimento

Como desventaja se apunta el posible aumento de la mortalidad (Bennett et al., 2002; Manteca, 2018), debido probablemente a la mayor velocidad de crecimiento de las aves.

En la granja, se debe prestar atención al manejo de la distribución del pienso para reducir al mínimo el deterioro físico de las migajas y los gránulos. Migas muy duras pueden provocar rechazo del consumo, sobre todo en aves jóvenes, como, por ejemplo, cuando se emplean elevados niveles de trigo en la formulación. Si el gránulo es excesivamente seco (en verano o por una granulación a temperaturas excesivas), también se afecta su consumo, especialmente cuando se produce el cambio en la presentación de miga a gránulo.

De forma general, se recomienda utilizar piensos en forma de microgránulos o migas de calidad no excesivamente secos (materia seca <90 %) de 0 a 15 días de edad. Durante los primeros días de vida microgránulos de 2 mm de diámetro y longitud inferior a 4 mm mejoran el consumo y el crecimiento del pollito. A partir de los 18-20 días de vida el pollo acepta gránulos de tamaño superior (≤ 3 mm de diámetro) y a partir de los 22-25 días de edad son adecuados gránulos de 3,5 mm de diámetro (FEDNA, 2018).

El uso de harinas gruesas a partir de los 21 días de edad podría resultar interesante para reducir los crecimientos diarios y la incidencia de problemas metabólicos relacionados con la calidad de la canal o para mejorar la salud intestinal del ave, con camas más secas y menor incidencia de úlceras, callos en pechugas y tarsos quemados.

Si se suministran harinas, es muy importante que la partícula sea de tamaño grueso y uniforme y con una buena distribución. Para ello los granos de cereales primarios se deben moler a un diámetro medio de 900-1000 micras. Se puede conseguir un buen rendimiento con pienso en harinas empleando el maíz como cereal primario y reduciendo la cantidad de polvo mediante la inclusión de grasas o aceites en su formulación.

3.3.2.2.- Trigo entero

La utilización de trigo entero (5 a 30 % de la ración), en cantidades crecientes a medida que aumenta la edad del ave, es común en numerosos países europeos como Países Bajos, Dinamarca, Reino Unido o España (Engber et al., 2004).

Tabla 4. Efecto de la adición de trigo entero (Modificado de Ferket, 2000)

Dato	Ración base	10 % trigo	15 % trigo	25 %trigo
Peso vivo (g)	2.196	2.197	2.186	2.195
Índice de conversión (g/g)	1,82	1,82	1,78	1,81
Agua/pienso	1,87	1,8	1,83	1,72
Mortalidad (%)	7,0	6,3	5,4	5,9
Rendimiento canal (%)	69,8	70,1	70,1	69,6
Pechuga (%)	16,6	16,5	16,5	16,3
Molleja (% peso vivo)	1,0	1,3	1,5	1,6

La inclusión de trigo a partir de los 7 días de edad mejora la fisiología digestiva del pollo sin afectar al consumo de pienso de forma relevante (Bennett et al., 2002; Svihus et al., 2004). El trigo entero o, en su defecto, maíz troceado, podría mejorar la capacidad de las aves para defenderse de procesos digestivos, como la clostridiosis, coccidiosis, *Salmonella* spp. o colibacilosis (Gabriel et al., 2003; Bjerrum et al., 2005). También disminuye la mortalidad y mejora el índice de conversión y el rendimiento de la canal (Tabla 4).

Gabriel et al. (2008), probando dietas con inclusión de trigo entero en broilers, observaron una disminución en la ingesta de pienso entre los 8 y 15 días de vida, que revertía después para terminar con mayor peso corporal al final del ciclo. Además, estos animales tenían un mayor peso de molleja (+26 %) y páncreas (+12 %), sin influencia en el desarrollo intestinal ni en la microbiota del yeyuno y ciegos. Si se prevé añadir trigo entero a la ración es importante considerar las cantidades aportadas a la hora de optimizar las raciones y tener en cuenta el control de la higiene de ese grano entero.

Si se emplean porcentajes altos de trigo durante la última semana de vida debe alargarse el período de retirada del pienso en granja para facilitar la eliminación completa del contenido del aparato digestivo.

3.3.2.3.- Tipos de pienso

Desde un punto de vista teórico, cuanto mayor sea el número de piensos administrado, más nos ajustaremos a las necesidades del animal y obtendremos mejores resultados técnicos y económicos.

Un buen programa de alimentación podría incluir cuatro tipos de pienso:

- Pienso de iniciación
- Pienso de desarrollo
- Pienso de crecimiento
- Pienso finalizador

3.3.2.3.1- Pienso de iniciación

Durante los primeros días de vida después del nacimiento, los pollitos realizan la transición fisiológica para obtener sus nutrientes del pienso que se les suministra. En esta etapa inicial, el consumo de alimento está en su nivel mínimo, pero los requerimientos de ingesta de nutrientes están en el nivel máximo. El broiler joven no produce enzimas digestivos tan abundantes como el adulto, por lo que la digestibilidad está limitada. El crecimiento temprano y el desarrollo pueden mejorarse si se emplean dietas especializadas que le faciliten digerir fácilmente sustratos más complejos.

Las vellosidades y microvellosidades intestinales crecen rápidamente estos primeros días y cualquier retraso limita el consumo de nutrientes. La presencia de patógenos, micotoxinas y toxinas vegetales provocará un retraso en su desarrollo. Por lo tanto, la selección de ingredientes altamente digeribles y libres de toxinas naturales es fundamental para el desarrollo inicial del intestino.

Para formular el pienso de iniciación se deben utilizar grasas insaturadas de calidad, fuentes proteicas con pocos factores antinutricionales, niveles elevados de sodio y fósforo (que favorecen la ingesta de agua y pienso y mejoran la actividad de las fitasas y la calcificación), moderados niveles de calcio y de fibra insoluble y fitasas en dosis altas (Leeson, 2017).

Para estos piensos de iniciación la mejor presentación es la de micropellet (Figura 15).



Figura 15. Pienso de iniciación

El pienso de iniciación es sólo una pequeña proporción del total de alimento consumido, Por ello, las decisiones sobre su formulación se deben basar sobre todo en promover un buen desarrollo biológico y una buena rentabilidad general, en vez de centrarse en el coste del mismo.

3.3.2.3.2.- *Pienso de desarrollo*

El alimento de desarrollo se suministra desde los 11 hasta los 19 días de edad, en forma de miga intermedia para realizar una adecuada transición al gránulo o a la harina gruesa y evitar una reducción del consumo si el tamaño de gránulo no es el adecuado (Figura 16).



Figura 16. Pienso de desarrollo

Durante esta etapa, las velocidades de crecimiento diario del pollo aumentan rápidamente, por lo que debe promoverse una buena ingesta de alimento. La densidad nutricional tiene una importancia crítica, especialmente en términos de energía y aminoácidos, así como los niveles correctos de vitaminas y minerales.

Esta edad es la más frecuente en cuanto a aparición de enteritis necrótica (15-20 días), por lo que se deben evitar en lo posible ingredientes que favorezcan el sobrecrecimiento clostridial.

Debe tener además elevados niveles de proteína y un buen coccidiostato que reduzca la proliferación de coccidios.

3.3.2.3.3.- *Pienso de crecimiento*

Se suministra a partir de los 19-20 días de edad.

La decisión sobre la cantidad de este tipo de pienso depende de la edad y peso final deseados, así como de la capacidad de fabricación de alimento. Puede suponer la mayor proporción del total de alimento consumido y del coste de alimentación del pollo de engorde en animales que se sacrifiquen a más de 42 días de edad. Por ello, la dieta en esta etapa se debe diseñar con el objetivo de maximizar el retorno económico respecto al tipo de producto que se está produciendo.

Se puede presentar como harinas, miga gruesa o granulado (Figura 17) en función de la velocidad de crecimiento, peso final y características de la carne deseada.



Figura 17. Pienso de crecimiento granulado

También puede contener en su formulación pigmentantes (Figura 18) si la canal requerida por la planta de procesado es pigmentada para satisfacer las demandas comerciales.



Figura 18. Pienso de crecimiento granulado pigmentado

3.3.2.3.4.- *Pienso finalizador*

La legislación controla los aditivos empleados en la formulación de piensos. Se exige un tiempo de pienso finalizador sin coccidiostatos para eliminar el riesgo de la presencia de residuos en la carne. Al igual que el pienso de crecimiento, se puede presentar en forma de pellet o harina gruesa (Figura 19), y con o sin pigmentantes añadidos.



Figura 19. Pienso finalizador en harina

Para mantener el crecimiento y el bienestar del ave, no es recomendable aplicar grandes reducciones al contenido nutricional a este pienso finalizador. En el caso de añadir trigo entero, en ocasiones se reduce la proporción del mismo en este pienso final,

Si se realizan retiradas parciales de animales, la cantidad de pienso finalizador puede ser bastante elevada, por lo que debe ser tenido en cuenta.

3.3.3.- Agua

El agua es un elemento fundamental para la digestión y el metabolismo de la dieta suministrada. Existe una fuerte correlación entre alimento y agua ingerida (1,6/2:1) y alteraciones en su consumo son indicadores del estado sanitario de los animales. También influyen las condiciones ambientales, estimándose que la necesidad de agua crece un 6,5 % por cada grado por encima de la temperatura de confort de 21 °C (Rubio, 2005b).

Muchas reacciones químicas necesarias en el proceso de digestión y absorción de nutrientes son facilitadas o requieren agua. Su restricción provoca mortalidad en pollitos jóvenes y reducción de consumo de pienso durante toda la crianza. Es necesaria una ratio adecuada de bebederos (12 aves/tetina) y una altura correcta para facilitar la ingestión. La presión debe ser también controlada para garantizar el suministro y a la vez evitar derrames que perjudiquen el estado de la yacija. La normativa del agua potable se recoge en el RD 3/2023, pero no existe una normativa específica para el agua destinada a ganadería.

El suministro de agua ha de ser suficiente y de buena calidad, con una temperatura adecuada (15-20 °C). Aguas muy frías disminuyen la ingesta y aguas con elevadas temperaturas favorecen la proliferación microbiana. Los sistemas de conducción deben suministrar el caudal necesario, 20 ml/min los primeros días, incrementándose a medida que los pollos crecen, hasta los 70-100 ml/min (Aviagen, 2018).

Se debe garantizar su calidad química y microbiológica (Tabla 5) con análisis rutinarios y un sistema de tratamiento que asegure la idoneidad de la misma.

Tabla 5. Standard calidad del agua (Modificado de manual Nanta, 2020)

Contaminante	Nivel medio	Máximo aceptable	Observaciones
Total bacterias	0 ufc/ml	100 ufc/ml	Deseable 0 ufc/ml
Coliformes	0 ufc/ml	50 ufc/ml	Deseable 0 ufc/ml
pH	6,8-7,5	6,5-8,0	<6,0 no deseable <6,3 reduce rendimiento
Total dureza	60-180 ppm	110 ppm	<60 ppm: blanda >180 ppm: muy dura
Nitratos (NO ₃)	10 mg/l	25 mg/l	3-20 mg/l afecta al rendimiento
Nitritos (NO ₂)	0,4 mg/l	4 mg/l	-
Calcio (Ca)	60 mg/l	-	-
Cloro (Cl)	14 mg/l	250 mg/l	Cada 14 mg/l son perjudiciales si Na es >50 mg/l
Cobre (Cu)	0,002 mg/l	0,6 mg/l	Altos niveles de Cu producen sabor amargo
Hierro (Fe)	0,2 mg/l	0,3 mg/l	Altos niveles de Fe producen mal olor y sabor
Plomo (Pb)	-	0,02 mg/l	Altos niveles de Pb son tóxicos
Magnesio (Mg)	14 mg/l	125 mg/l	Altos niveles de Mg tienen efecto laxante. Nivel >50 mg/l afecta a la producción si el nivel de sulfatos es alto
Sodio (Na)	32 mg/l	50 mg/l	>50 mg/l afecta al rendimiento si Cl es alto
Potasio (K)	-	300 mg/l	-
Sulfato (SO ₄)	32 mg/l	250 mg/l	Altos niveles de sulfato tienen efecto laxante. Nivel <50 mg/l afectan al rendimiento si mg y Cl son altos
Zinc (Zn)	-	1,5 mg/l	Altos niveles de Zn son tóxicos

3.4.- TRANSPORTE

El transporte de los pollos al matadero constituye una fase muy crítica tanto desde el punto de vista del bienestar animal como de la calidad del producto final.

3.4.1.- Estrés previo y durante el transporte

Las aves son sometidas a una gran cantidad de factores estresantes como el ayuno previo, la captura por personal desconocido, los movimientos del camión, cambios de temperatura y humedad relativa, etc., durante un período relativamente corto de tiempo. Aunque cada uno de estos factores por separado tendría poco efecto negativo sobre el bienestar del animal, la combinación de todos ellos potencia la respuesta al estrés del animal. En general, cuanto más intensa o duradera es la respuesta al estrés, mayores son las repercusiones negativas sobre la calidad del producto final. La magnitud de la respuesta indica el esfuerzo que está realizando el broiler para adaptarse a la nueva situación, y se puede medir a partir de cambios de conducta, de parámetros fisiológicos y de calidad de las canales (Velarde, 2015). Las aves se adaptan mal al estrés durante el transporte, por las características propias de la especie. La continua selección genética de pollos de engorde ha incrementado su predisposición a lesiones óseas y patologías

musculares, que pueden verse aumentadas por el manejo, la captura y la conducción. Además, dada su incapacidad de perder calor a través de la sudoración, los broilers son muy sensibles a temperaturas elevadas, sobre todo cuando otros mecanismos de pérdida de calor se ven comprometidos por la propia respuesta de estrés, el espacio disponible o la duración del viaje.

El ayuno antes del transporte tiene efectos beneficiosos, tanto para el bienestar de los animales como para la calidad de la carne, ya que disminuye la mortalidad, la magnitud de la respuesta de estrés y el porcentaje de animales que sufren mareos como consecuencia del movimiento del vehículo. Por lo tanto, es considerado como una causa de estrés necesaria para mejorar el bienestar de los animales. El tubo digestivo vacío en el momento del sacrificio facilita el eviscerado, disminuye el riesgo de contaminación bacteriana de la canal y reduce el volumen de residuos. Pero un ayuno demasiado largo puede tener consecuencias negativas sobre el bienestar de los animales y la calidad del producto. Un periodo de retirada de alimentos superiores a 14 h se asocia a mayor incidencia de contaminación fecal debido a un incremento de la fragilidad intestinal y a una mayor incidencia de contaminación biliar.

En condiciones comerciales, los principales indicadores de falta de bienestar durante el transporte son la presencia de animales muertos, la presencia de heridas y lesiones en los mismos y el deterioro de la calidad de la canal y la carne. En un estudio en el que se analizaba el bienestar animal antes de la recogida y después de la captura, transporte y espera para el procesado, se apreció un descenso del peso medio de los animales del 5,3 %, así como una prevalencia del 1,4 % de hematomas en patas y un 3,7 % de hematomas en pechuga y ala (Jacobs et al., 2017a).

De acuerdo con la Directiva Europea 2007/43/EC (2007) la mortalidad observada a la llegada de las aves al matadero (*Dead on Arrival*, DOA) es un dato que debe ser registrado, pues es un indicativo de falta de bienestar, y se ha demostrado que está relacionado con decomisos y rechazos de canales (Lupo et al., 2009), además de suponer un problema ético.

Otro factor importante en el transporte de aves es la temperatura ambiental, cuyos extremos, tanto de frío como de calor, elevan la mortalidad.

La captura y carga son los momentos más estresantes del transporte (Vosmerova et al., 2010), ya que durante este proceso las aves son introducidas manualmente en contenedores y subidas al camión. El manejo brusco durante la misma puede provocar roturas y dislocaciones óseas, y la aparición de hematomas, lo que deprecia la calidad de la canal.

Por otra parte, el estrés del transporte altera la calidad de la carne, relacionada con el metabolismo del músculo durante el periodo *antemortem*. La genética y un manejo brusco previo al sacrificio pueden provocar en el animal un desarrollo anormal del proceso de descenso del pH muscular, dando lugar a alteraciones en la calidad de la carne. Las carnes PSE (del inglés *pale, soft and exudative*) son carnes pálidas, blandas y exudativas. Un periodo de estrés corto y agudo estimula la glucólisis anaeróbica y la formación de ácido láctico antes del desangrado, lo que causa una disminución muy rápida del pH muscular después del sacrificio, alcanzando valores de 6,0 o inferiores antes de la primera hora, cuando la carne aún está caliente (>35 °C). La combinación de pH bajo y alta temperatura provoca una marcada desnaturalización de las proteínas musculares y una disminución de la capacidad de retención de agua de la carne. Estos cambios indeseables durante el proceso de transformación del músculo en carne hacen que la carne pierda valor cuando es comercializada como carne fresca. En aves se asocia con la aparición de palidez en filetes de pechuga de pollo después del enfriamiento en la planta de procesamiento (Velarde, 2010).

3.4.2.- Normativa de protección durante el transporte

La protección de los animales durante el transporte ha sido objeto de preocupación y establecimiento de normativas europeas desde los años 70. Los distintos reglamentos, hasta llegar al Reglamento (CE) 1/2005, han proporcionado un marco legal común sobre la protección de los animales durante el transporte y establecen un nivel de actuación para los operadores, a la vez que aseguran la protección de los animales transportados.

El contenido del Reglamento se realizó en base a opiniones científicas de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, 2011), seguido de un informe del Consejo y la Comisión para el Parlamento. Se elaboraron Guías de Buenas Prácticas en el transporte, en las que se involucraron granjeros, transportistas, mataderos, veterinarios oficiales y científicos, para bovinos (2012), equinos y cerdos (2016), caballos y aves de corral (2018). El público objetivo de estas guías eran los organizadores de transporte, autoridades competentes y responsables políticos.

Como parte del desarrollo de las guías, los grupos de sondeo por especies y la plataforma de involucrados señalaron diecisiete áreas temáticas que merecían especial atención y que se recogieron en *Hojas Informativas* para resumir los aspectos más críticos de los viajes o las categorías de animales más vulnerables. En relación con el protocolo de aves de corral, se escribieron tres *Hojas Informativas*, publicadas en ocho idiomas europeos, que comprenden:

- Preparación de vehículo, conductor y carga de aves de corral
- Preparación de la captura de pollos de engorde
- Preparación de la captura de gallinas ponedoras

El público objetivo de las mismas son los granjeros, los conductores, veterinarios locales y personal de matadero.

En la guía de Buenas Prácticas para el transporte de aves de corral (Comisión Europea, 2019) se recopilan todos los aspectos a tener en cuenta en el transporte de aves, y se dan recomendaciones de buenas y mejores prácticas en cada uno de los apartados: administración, formación y competencias de los transportistas, responsabilidades, duración del viaje, planes de contingencia, espacio de los vehículos, aptitud para el viaje, instalaciones de carga, manejo de animales durante la carga, conducción, intervalos y descansos del viaje, emergencias, descarga de animales en destino final y cuidado de los animales después de la descarga.

A nivel nacional, la normativa referente al transporte de aves de corral incluye la Ley 8/2003, de 24 de abril, de Sanidad Animal y el RD 990/2022, sobre normas de sanidad y protección animal durante el transporte, que actualiza e integra en un solo texto las disposiciones normativas que afectan al transporte de animales vivos en materia de bienestar y sanidad animal, deroga la anterior normativa del año 2016, y forma parte del paquete legislativo de acompañamiento del plan estratégico para la aplicación de la Política Agraria Común (PAC). Ambos documentos legales se aplican a los transportistas y demás operadores que intervengan directa o indirectamente en el transporte de animales, además de a los medios de transporte y contenedores, las instalaciones de los puertos, aeropuertos y puntos de entrada y salida de viajeros.

La normativa exige que las personas que realizan el transporte estén en posesión del certificado de transporte de animales vivos, que acredita que están capacitadas en materia de bienestar animal. Para obtenerlo es necesario realizar el curso de bienestar animal en el transporte. La documentación de transporte asociada a las aves de corral es la siguiente:

- Autorización del transportista
- Autorización del medio de transporte
- Documento que acredite el origen y propietario o titular de los animales, el lugar, la fecha y hora de salida y el lugar de destino y hora prevista de llegada

- Documentación sanitaria de traslado de los animales
- Documentación sobre la identificación de animales
- Certificado o talón de desinfección del contenedor o medio de transporte
- Documento acreditativo de la formación en bienestar en el transporte del cuidador
- Una copia del plan de contingencia para posibles situaciones imprevistas
- Información de la cadena alimentaria cuando se trate de animales a matadero.

La información del viaje es transmisible en tiempo real. El sistema TRACES es una red informática que permite el intercambio de información relativo a las importaciones y movimientos dentro del territorio de la UE de animales vivos, productos de origen animal y productos de origen no animal destinados al consumo humano o a la alimentación animal. Garantiza la trazabilidad de los desplazamientos, el intercambio de información y la gestión de riesgos, reaccionando rápidamente a las amenazas sanitarias. Facilita el comercio y combate el fraude, mejorando la seguridad de la cadena alimentaria y la salud animal.

Los organizadores de transporte deben conservar los contratos de transporte y diarios de viaje al menos durante 5 años.

3.4.3.- Bienestar durante el transporte

El diseño de los vehículos de transporte debe asegurar la seguridad de los animales y su bienestar. La disponibilidad de espacio en los contenedores tiene que estar adaptada a la especie, edad y clima para asegurar el confort físico y térmico de las aves (Tabla 6).

Tabla 6. Espacio mínimo por animal para el transporte (R. CE 1/2005)

Categoría	Espacio en cm ²
Pollitos de un día	21-25 cm ² por pollo
Aves de menos de 1,6 kg	180 a 200 cm ² /kg
Aves de 1,6 a 3 kg	160 cm ² /kg
Aves de 3 a 5 kg	115 cm ² /kg
Aves de más de 5 kg	105 cm ² /kg

Un espacio limitado puede provocar contusiones, heridas, fracturas de patas y alas o incluso asfixia, y su exceso puede provocar también estrés por frío. Por tanto, la disponibilidad de espacio debe ajustarse a las condiciones meteorológicas.

El conductor debe informar al equipo encargado de la captura el número de animales que ha de poner en cada contenedor para respetar la disponibilidad de espacio calculada con la información recibida sobre el número y peso de las aves. Para broiler, gallinas ponedoras, pollos y pavos el contenedor debe ser de una altura que no permita a los animales estar de pie (podrían producirse caídas y causar heridas). Deben de ir sentados cómodamente y con la cabeza en alto durante el transporte.

Las aves deben ser cargadas homogéneamente, con el mismo número de animales en cada contenedor, y los contenedores deben estar dispuestos de manera que aseguren una circulación suficiente de aire en cualquier zona del camión. Estos contenedores deben ser sólidos, seguros y limpios y hay que reparar o reemplazar los que estén dañados. El suelo de los mismos debe estar diseñado para evitar que las aves resbalen y que los excrementos se acumulen.

Los camiones han de estar limpios, funcionar correctamente, llevar el mantenimiento al día y proteger a las aves contra las condiciones climáticas, por ejemplo, con lonas fijadas de manera

que permitan la circulación de aire y que puedan ajustarse a las condiciones variables del tiempo en viajes largos (Figura 20).



Figura 20. Camiones y contenedores de carga de pollos: con y sin lonas

Como mejores prácticas en el diseño y mantenimiento del vehículo los contenedores deberían tener puertas laterales para permitir el acceso a las aves y poder proporcionar cuidados de emergencia y mejorarse con puertas superiores grandes deslizantes, bordes inferiores sólidos para evitar que salgan las patas, agujeros que no permitan que puedan sacar la cabeza y espacio de la puerta de cerrado que no suponga un riesgo para los animales.

En caso de clima frío deben usarse las cubiertas laterales, especialmente para las aves en la parte posterior del vehículo, que están más expuestas. Éstas deben ser suficientemente largas para proteger también las aves en la primera fila, sin dificultar la circulación de aire.

Para evitar el estrés por calor, los camiones deben ir equipados con un techo que pueda elevarse, de manera que el aire caliente salga del camión. Estos techos pueden tener ventiladores, rejillas o aberturas para evitar la acumulación de calor. Si hay ventilación forzada disponible, debe utilizarse cuando sea necesario.

Como mejores prácticas se añade que cada compañía debe prever un límite de temperatura y humedad relativa a partir del cual se necesitará emprender acciones para evitar el estrés térmico y evitar muertes a la llegada. Estas prácticas pueden incluir aumentar la disponibilidad de espacio, reducir la densidad de contenedores situados en los lugares más calientes, ajustar el microclima dentro del camión o el transporte nocturno.

El viaje al matadero ha de realizarse con una conducción segura y suave, evitando frenazos bruscos y utilizando buenas carreteras en la medida de lo posible. Las vibraciones, frenazos y acelerones bruscos son motivo de estrés para los animales. En viajes largos, es obligatorio comprobar el estado de los animales en cada parada.

3.4.4.- Recepción en planta de procesado

A la llegada al destino final, los operadores deben trabajar cuidadosamente. Un tiempo de espera largo en el camión o en los contenedores supone un período adicional de ayuno para las aves y pérdidas en el rendimiento. Los retrasos deben reducirse al mínimo, y los niveles de ruido minimizarse durante la descarga.

Una vez recepcionado el camión con aves vivas en el matadero, se evalúa detalladamente la información a procesar, que se transfiere de manera informática a un sistema de gestión de calidad. Los principales parámetros a tener en cuenta son:

- Peso medio de los animales, sexo, edad, estirpe y tipo de pollo. Estos datos son fundamentales para establecer los parámetros en el sistema de aturrido y salvaguardar tanto el bienestar animal como la calidad del producto.
- Orden de faenado, densidad establecida animales/contenedor, datos relevantes al lote/camión/explotación para determinar posible impacto en la calidad del producto con respecto a mermas, número de ahogados, hematomas e indicadores de bienestar animal.

Los animales que llegan no aptos (cojos, fatigados, heridos o enfermos) deben ser sacrificados lo antes posible. Para broilers, pavos y gallinas ponedoras, si la tasa de muertos está por encima del límite establecido, el matadero debe informar al transportista y al granjero, que deben facilitar información sobre las condiciones de captura y de transporte.

Las áreas de espera están cubiertas para proteger a las aves de las temperaturas extremas y las condiciones del clima, con calentadores o sistemas de refrigeración si es necesario (Figura 21).

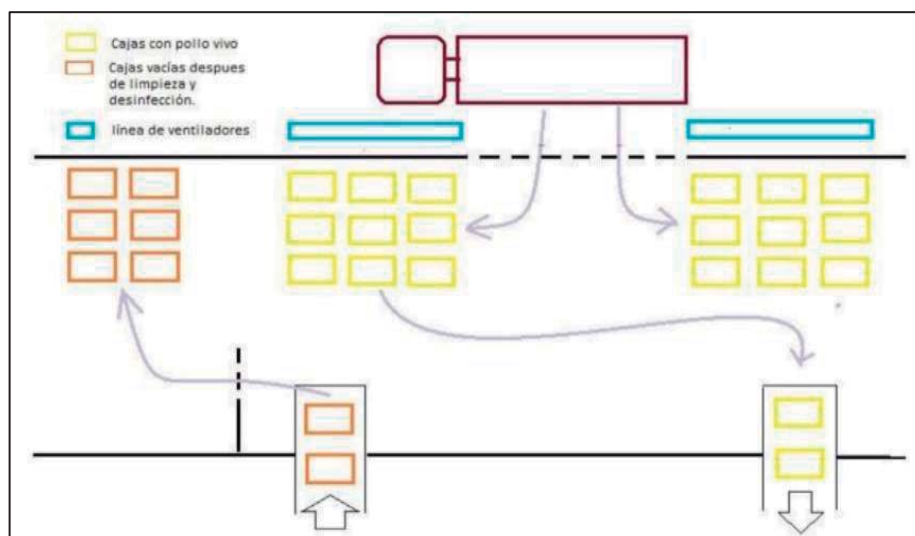


Figura 21. Ejemplo de muelles de espera y descarga en un matadero avícola

Si las instalaciones no tienen protección frente a climatología adversa, las aves en tránsito o esperando a ser descargadas para matadero no pueden permanecer en el vehículo más de dos horas. En esas circunstancias, se recomienda conducir el vehículo para permitir una mejor circulación de aire. En climas calurosos los camiones deben aparcarse a la sombra.

El área de descarga tiene que estar bien ventilada, bien iluminada, limpia y desinfectada para el confort y seguridad de las aves.

La descarga de animales empieza cuando el camión entra en el área de descarga del destino final y finaliza cuando todos los contenedores están presentes en la plataforma. Debe hacerse

de manera rápida y ordenada, con un adecuado número de personal y un ambiente sin fluctuaciones excesivas de temperatura.

Las medidas de bioseguridad son importantes para prevenir la propagación de enfermedades. El estrés durante el transporte puede tener un impacto sobre el sistema inmunológico y aumentar la sensibilidad de los animales a las enfermedades. Después de descargar los animales, el vehículo puede propagar patógenos, así que es obligatorio limpiarlo y desinfectarlo después de cada transporte, sea cual sea su duración, en la planta de procesado antes de salir de nuevo.

El lugar de limpieza y desinfección debe tener agua fría y caliente disponible para limpiar el máximo número de vehículos que puede haber cada día. Estas áreas de limpieza y desinfección deben estar libres de obstáculos en un perímetro de dos metros alrededor del camión y tener luz disponible por la noche. El conductor debe mantener un registro de cada limpieza y desinfección, indicando el nombre comercial del producto desinfectante utilizado y la dosis.

Como mejores prácticas se señala que las áreas de limpieza de camiones deben ser largas para acomodar camiones, con una pendiente del 5 % al 7 % para drenar el agua de desecho a un sistema de recolección de agua y con un procedimiento operativo en el camión o en las instalaciones de descarga que incluya los principales puntos requeridos para una limpieza adecuada, que incluye la calidad del agua, el programa de limpieza y desinfección, el método de inspección, las medidas correctivas y los detergentes y desinfectantes aprobados y utilizados (RD 542/2016).

3.5.- EVALUACIÓN DEL BIENESTAR ANIMAL Y CALIDAD DE LA CANAL

El interés por el bienestar animal comenzó a mediados del siglo XX en los países europeos como respuesta a los sistemas de cría intensiva. Es un concepto ambiguo, que se puede definir como el estado en que el animal se encuentra con sus necesidades específicas cubiertas, en buena salud física y mental y en armonía con el medio.

3.5.1.- Parámetros de bienestar animal

El bienestar de los animales de granja se considera una disciplina formal desde el año 1965, en el que la Comisión Brambell estableció que los mismos debían de tener una serie de *libertades* básicas de movimiento, como la libertad de estirarse y darse la vuelta, que pueden considerarse los principios originales del bienestar de los animales. Estas libertades fueron enmendadas por el *Farm Animal Welfare Council* del Reino Unido (FAWC, 2020) para abarcar una serie más amplia de necesidades físicas y de comportamiento, y se estableció que los animales de granja deben tener cinco pilares fundamentales del bienestar animal, también conocidos como cinco libertades:

- Libertad de no padecer hambre ni sed
- Libertad de no sufrir molestias
- Libertad de no sufrir dolor, heridas o enfermedades
- Libertad de expresar un comportamiento natural
- Libertad de no padecer miedo ni angustia

Las cinco libertades han tenido una gran influencia en la sociedad occidental y la *World Organisation for Animal Health* (OIE) las considera los principios rectores del bienestar animal. La mayor parte de la legislación europea en materia de bienestar, además de las organizaciones veterinarias y de bienestar animal de todo el mundo hacen referencia a ellas. Constituyen la base del Artículo 7.1.1 del Código Sanitario para los Animales Terrestres de la OIE (OIE, 2022).

El concepto de las cinco libertades de bienestar debe aplicarse a todos los animales, mientras se tome en consideración la salud humana, incluida la exposición a bacterias resistentes a los antibióticos y el propio bienestar de los productores. Paradójicamente, la mayoría de los consumidores están más preocupados por su propio bienestar con el consumo de productos *naturales* que por el bienestar animal (Van Loo et al., 2010; Bray y Ankeny, 2018).

Una vez acordados los principios y criterios que determinan un adecuado bienestar, es necesario establecer los métodos de medición de cada uno de ellos, denominados indicadores, que se pueden agrupar en los siguientes grupos:

- Indicadores de estrés agudo y crónico: se trata normalmente de indicadores hormonales, como la adrenalina o el cortisol, por lo que la obtención de muestras implica una interacción con el animal, que a su vez genera estrés por sí misma.
- Comportamiento animal, etología: comportamientos normales y anormales de los animales.
- Salud: problemas de patologías, heridas...
- Índices productivos o reproductivos: en este caso se evalúan fundamentalmente el índice de conversión, la velocidad de crecimiento, la tasa de mortalidad y la fertilidad. La pérdida del bienestar animal provoca perjuicios en estos índices. Por ello, la producción animal es la principal interesada en el bienestar de los animales, a pesar de la innmerceda mala fama que en ocasiones se le otorga.

El proyecto de investigación europeo *Welfare Quality*[®], iniciado en el año 2004 y centrado en la integración del bienestar animal de los animales de granja en la cadena de calidad alimenticia, ha ampliado y clarificado los componentes del bienestar animal hasta concretar un conjunto de cuatro principios y doce criterios (Tabla 7).

Tabla 7. Principios y criterios de bienestar animal establecidos en el proyecto *Welfare Quality*[®]

Principios	Criterios
Alimentación	Ausencia de hambre prolongada
	Ausencia de sed prolongada
Alojamiento	Confort en relación al descanso
	Confort térmico
	Facilidad de movimiento
Estado sanitario	Ausencia de lesiones
	Ausencia de enfermedades
	Ausencia de dolor causado por el manejo
Comportamiento	Expresión de comportamiento social adecuado
	Expresión adecuada de otras conductas
	Relación humano-animal positiva
	Estado emocional positivo

Los indicadores (*AWIN*[®], *Animal Welfare Indicators*), pueden variar de muy satisfactorios a muy insatisfactorios. En ocasiones, puede ser satisfactorio un componente del bienestar, pero no los demás. Por ejemplo, un animal puede tener buena salud, pero una libertad de movimientos limitada debido al uso de jaulas o a dispositivos de inmovilización. Por lo tanto, resulta importante poder medir cada componente del bienestar y definir la manera de integrar las diferentes mediciones para obtener una conclusión general. El bienestar de los animales se

estudia en los tres períodos principales de su proceso de producción: la cría del animal en la granja, el transporte de estos a otras explotaciones o al matadero y el propio sacrificio.

La certificación *Welfair*[®] en Bienestar Animal es un certificado independiente homologado por el IRTA (Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries), que se basa en los referenciales europeos *Welfare Quality*[®] y *AWIN*[®], y evalúa y controla la calidad del bienestar animal en granjas, espacios de crecimiento y mataderos, de forma exhaustiva, en las especies bovina y para gallinas, pollos y pavos. En la actualidad, la mayoría de las empresas avícolas lo poseen, pues es ya un requisito demandado para la venta de alimentos a grandes plataformas.

3.5.2.- Inspección *ante mortem*

Para poder enviar aves de corral a sacrificio, se debe realizar una inspección previa a las mismas en la explotación, según lo establecido en el artículo 5 del Reglamento UE 2019/624 de la Comisión, relativo a normas específicas respecto a la realización de controles oficiales sobre la producción de carne. Debe realizarla el veterinario oficial o un organismo delegado o persona física en quien la autoridad delegue sus funciones de control oficial bajo su responsabilidad.

La inspección incluye la revisión de la ficha técnica de crianza (hoja de registro de datos de la manada), que como mínimo debe registrar el día de llegada, procedencia y número de animales, el rendimiento efectivo en función del sistema productivo, la mortalidad, los proveedores de pienso, los consumos de pienso y agua, los aditivos empleados y su plazo de espera. También los análisis y diagnósticos del veterinario y los resultados laboratoriales, así como las medicaciones y vacunaciones que se hayan suministrado.

Además, se realiza un examen físico previo al sacrificio de los animales para la detección de síntomas de enfermedades, que complementa la inspección *post mortem*, prestando especial atención a:

- Exceso de bajas *ante mortem*
- Hinchazón de cabeza y alrededor de los ojos, edema de barbillas o ruidos respiratorios como tos, ronquidos, jadeos, etc.
- Diarreas acuosas, verdosas, hemorrágicas, blancuzcas, con mucosa, cecales y presencia de parásitos internos
- Lesiones de la piel, dermatitis, heridas, costras, parásitos externos como ácaros o piojos
- Cojeras, huesos y articulaciones engrosadas
- Tortícolis o cuello flácido
- Suciedad de la pluma y pododermatitis
- Hematomas en muslos, alas, dorso o pechuga
- Alteraciones de la conducta general

Otros factores a tener en cuenta en la inspección *ante mortem* son la época del año, la climatología, la distancia de la granja al matadero, la densidad en las jaulas y el ayuno previo.

Se debe comprobar que se han respetado los tiempos de espera de los tratamientos veterinarios aplicados y que se dispone de los resultados de control de *Salmonella* spp., en los 21 días previos a la salida a sacrificio.

Si la inspección *ante mortem* es favorable, se expide un certificado sanitario que puede acompañar a los animales al matadero o enviarse por adelantado en cualquier formato. Cualquier observación pertinente para la inspección posterior deberá registrarse en este certificado.

3.5.3.- Inspección *post mortem*

La información que proporciona la inspección *post mortem*, realizada por los veterinarios oficiales de los mataderos de aves, unida al control de calidad propio permite a las empresas una mejora continua para disminuir decomisos y canales de segunda.

Los veterinarios oficiales inspeccionan una muestra aleatoria en cada lote de aves del mismo origen, las vísceras y cavidades del cuerpo de las aves, pudiendo declarar no aptas para el consumo humano tras la inspección *post mortem* partes de ellas o aves enteras. Además, realizan todos los exámenes necesarios cuando hay motivos para sospechar que la carne de las aves podría no ser apta para el consumo humano.

Como resultado de la inspección veterinaria oficial alrededor del 1 % de las canales son decomisadas. Los decomisos se suelen producir por:

- Bajas *ante mortem*
- Pollos desnutridos o caquéticos
- Cianosis
- Pollos con procesos infecciosos (septicemia) o toxemia

La mayoría de decomisos se producen por caquexia o por septicemia, siendo *Escherichia coli* la responsable de la mayoría de las infecciones, seguida por *Salmonella* spp., *Clostridium* spp. y estafilococos.

En un estudio llevado a cabo en mataderos avícolas de Galicia durante el año 2007 (López-Aznar, 2009), se observó que un total de 0,82 % de aves eran decomisadas, siendo la cianosis la causa con mayor incidencia (71 %), seguida por procesos infecciosos (15 %) y la caquexia (11 %). Los pollos mal sagrados, ascitis y escaldado fueron testimoniales (3 %).

De acuerdo con el informe de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA y ECDC, 2021) los agentes zoonóticos más importantes durante el año 2019 en la carne de pollo fueron *Campylobacter* spp. con un 36,9 % de presencia en canales, experimentando una notable reducción año tras año; *Salmonella* spp., con una tasa de contaminación en carne de pollo del 9,74 % cuya presencia es reveladora como criterio de seguridad alimentaria y de higiene de proceso, también con tendencia descendente y *Listeria monocytogenes*, con un 2,65 % de muestras positivas en carne de pollo y cuya tendencia es al alza, al contrario que los microorganismos anteriores. El 6,42 % de canales fueron positivas a *E. coli* verotoxigénicas (EFSA, 2021).

El impacto de la *Covid-19* supuso un notable descenso en la incidencia de enfermedades zoonóticas notificadas en humanos y de los brotes de origen alimentario.

3.5.4.- Indicadores de bienestar en la inspección *post mortem*

Después de una inspección en 2014 para evaluar los controles del bienestar animal en el momento del sacrificio y durante las operaciones que lo acompañan, la Oficina Veterinaria y Alimentaria (FVO) de la Comisión Europea recomendó a España tomar medidas para garantizar coordinación y cooperación en el seguimiento de los signos de insuficiente bienestar animal detectados *post mortem* en los mataderos de aves de corral. Advierte de que se deben proporcionar instrucciones correctas a los veterinarios oficiales y la información necesaria para llevar a cabo un seguimiento eficaz de los indicadores de las malas condiciones de bienestar de los animales.

El RD 692/2010 establece en su Anexo III (Control y seguimiento en el matadero), que en caso de densidad de población superior a 33 kg/m², la documentación que acompañe al lote incluya la mortalidad diaria y la tasa de mortalidad diaria acumuladas calculadas por el titular o el criador, la raza de los pollos y el número de pollos que llegaron muertos. Los datos se consignan bajo la supervisión del veterinario oficial, indicando la explotación a la que

pertenecen y se comprueba su fiabilidad y la tasa de mortalidad diaria acumulada teniendo en cuenta el número de pollos sacrificados y el número de pollos que llegaron muertos al matadero.

Además, el RD 692/2010 establece que en el contexto de los controles efectuados con arreglo al Reglamento (CE) 854/2004 del Parlamento Europeo, por el que se establecen normas específicas para la organización de controles oficiales de los productos de origen animal destinados al consumo humano, el veterinario oficial evaluará los resultados de la inspección post mortem para determinar otras posibles indicaciones de malas condiciones de bienestar animal, como niveles anormalmente altos de dermatitis de contacto, parasitismo o enfermedades sistémicas en la explotación de origen. El nuevo RD 159/2023 modifica y mejora el RD 692/2010, mejorando la seguridad jurídica y el sistema sancionador, y estableciendo métodos de coordinación eficaces entre las autoridades involucradas.

El Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente realizó un estudio entre los años 2009 y 2011 para determinar la incidencia de las dermatitis de contacto en pollos de carne, tanto en patas como en tarso y en pechugas en las explotaciones españolas. De esta forma, se analizaron 18 mataderos y más de 400 explotaciones de producción de pollos de engorde, con gran variedad de características, tanto de ubicación geográfica, como de condiciones de cría (densidad de los animales, tipo de cama utilizada, edad y peso al sacrificio de los animales, estirpe, etc...).

Para poder cuantificar la frecuencia de la presencia y la intensidad de las lesiones, en este estudio se utilizó la metodología del proyecto *Welfare Quality*[®], que establecía cinco grados de lesión en el caso de la pododermatitis, de 0 (poco o nada afectadas) a 5 (muy afectadas), y cuatro grados para lesiones en pechugas y tarsos, de 0 a 4 con los mismos criterios que la pododermatitis. Los resultados en cuanto a pododermatitis mostraron que el 36 % de las explotaciones tenían un grado 0, el 21 % grado 1, el 35 % grado 2, el 7 % grado 3 y sólo un 1 % grado 4. En lo que respecta a los tarsos, el 62 % grado 0 y el 31 % grado 1, siendo muy bajos los niveles de grado 2 y 3. Y solamente un 3 % de los animales sacrificados presentaban lesiones en pechuga.

Como indicadores de malas condiciones de bienestar animal en las explotaciones de engorde de pollos se establecieron:

- Indicador 1: pododermatitis
- Indicador 2: quemaduras de tarsos
- Indicador 3: dermatitis en pechugas
- Indicador 4: grado de suciedad de las aves
- Indicador 5: tasa de mortalidad durante el transporte
- Indicador 6: tasa de mortalidad total
- Indicador 7: presencia de lesiones y enfermedades

3.5.4.1.- Pododermatitis

La pododermatitis, también llamada dermatitis plantar, es un problema de origen multifactorial que provoca una dermatitis de contacto que afecta principalmente a la almohadilla plantar y a la piel de la articulación tibio-tarsiana (Martland, 1985). En casos graves, puede ir acompañada de lesiones en la quilla de la pechuga (Greene et al., 1985). La incidencia de este problema se ha ido incrementando a lo largo de los años y afecta tanto al bienestar de los animales como a la rentabilidad final de la explotación.

El broiler pasa toda su vida en contacto directo con algún tipo de material de cama y con las heces que forman parte de la superficie de esa cama. Si las condiciones de la yacija no son las adecuadas, es fácil que desarrollen dermatitis de contacto en patas, corvejones o pechugas.

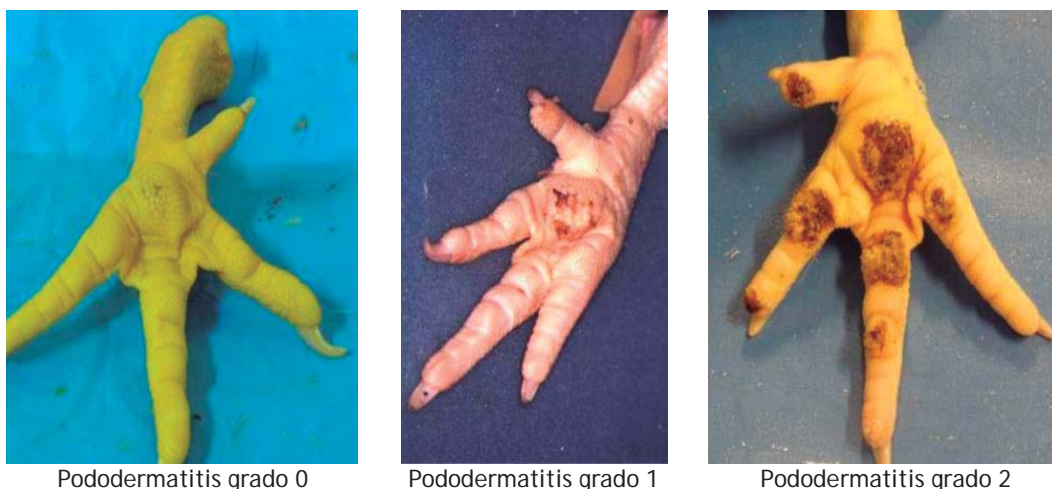
La pododermatitis comienza como una erosión de la piel de la pata, que parece una mancha de suciedad, pero una vez se rompe la piel, puede desarrollar úlceras. Los pollos con lesiones severas sienten dolor y se mueven, comen y beben menos. Además, las lesiones son una vía de entrada de diversas bacterias que provocan infecciones secundarias (*Staphylococcus* spp. y *E. coli*) y que deterioran la calidad del producto final.

Las manadas con alta incidencia de pododermatitis tienen una tasa de crecimiento más baja y un incremento de los decomisos en las plantas de procesado. Al problema de bienestar se le suma un problema económico, al constituir las patas de pollo un producto de valor para el consumo humano en Asia, y por ello ser su exportación importante para la UE.

La aparición de pododermatitis es precoz, a los 8-10 días hasta el 80 % de las aves pueden presentarla y se da frecuentemente en torno a los 15-20 días de vida (Kjaer et al., 2006). Si las condiciones de la cama son buenas, puede curarse en torno a la tercera semana de vida.

Se han desarrollado una serie de sistemas de puntuación para evaluar la incidencia y gravedad de la pododermatitis, siendo finalmente adoptado de manera generalizada el sistema de evaluación de los países escandinavos, que distingue tres grados (Figura 22):

- Grado 0: Ninguna lesión o alguna muy pequeña y superficial (1-2 mm), mínima decoloración en alguna zona limitada de las patas; leve hiperqueratosis y/o cicatriz completamente sana.
- Grado 1: lesión leve pero significativa (>2 mm). Decoloración de las almohadillas plantares, lesiones superficiales, papilas oscuras sin ulceración.
- Grado 2: lesión grave, más profunda, con ulceración y/o hemorragia. Llagas o costras y almohadillas inflamadas.



Pododermatitis grado 0

Pododermatitis grado 1

Pododermatitis grado 2

Figura 22. Grados de severidad de pododermatitis (MAPA,2015; permitido por MAPA)

Las investigaciones sobre la etiología de la dermatitis plantar apuntan a la interacción de tres factores: programas nutricionales, salud intestinal y gestión ambiental (Bilgili y Hess, 2010). La combinación correcta de estos factores es determinante a la hora de reducir la aparición de este problema en granjas de pollos de engorde. La incidencia de pododermatitis ha sido relacionada con un manejo inadecuado de las explotaciones por elevada densidad de población, ventilación inadecuada, mal manejo o diseño de bebederos y problemas de salud intestinal o de dietas inadecuadas (Nagaraj et al., 2007), así como con un elevado contenido en humedad de la cama (Mayne, 2005; Cengiz et al., 2011).

Por todo ello, la recomendación general es llevar un adecuado manejo de los lotes, incluyendo la distribución y correcto funcionamiento de comederos y bebederos, así como un

programa de iluminación y ventilación diseñado para favorecer las condiciones ideales de humedad relativa y temperatura en las naves.

3.5.4.2.- Quemaduras de tarsos

Es una dermatitis de contacto observado en la parte caudal de los tarsos. La quemadura de tarso se clasifica en dos grados (Figura 23):

- Grado 0: sin lesiones, ligera decoloración o lesión superficial de <2 mm diámetro.
- Grado 1: lesiones superficiales (>2 mm) o más graves, de cualquier diámetro; decoloración parda-negrizca del corvejón y/o lesiones más profundas.



Quemadura en tarso grado 0

Quemadura en tarso grado 1

Figura 23. Grados de severidad de quemaduras en tarso (MAPA, 2015; permitido por MAPA)

3.5.4.3.- Dermatitis en pechugas

Son lesiones de la piel que recubre la quilla. Se observa una pérdida de coloración e incluso infección de la piel afectada. Se establecen también dos grados (Figura 24):

- Grado 0: no se observan lesiones en la pechuga del animal
- Grado 1: se observa una clara evidencia de la presencia de lesiones en la pechuga del animal



Dermatitis en pechuga grado 0

Dermatitis en pechuga grado 1

Figura 24. Grados de severidad de quemaduras en pechuga (MAPA, 2015; permitido por MAPA)

Un estudio de Cepero (2012) mostró que las camas de paja, el clima húmedo y el elevado peso final de las aves son factores predisponentes para la aparición de defectos en las canales de broiler (Tabla 8).

Tabla 8. Factores de riesgo para la dermatitis en broilers (Cepero, 2012)

Factor de riesgo	Tipo de lesión		
	Pododermatitis	Quemadura en tarso	Dermatitis en pechuga
Meses de verano	-	-	X
Clima templado, verano seco y caluroso	-	-	X
Clima húmedo y caluroso	X	-	-
Cama de paja	X	X	X
Mayor densidad	-	X	X
Mayor peso vivo	X	-	X
Estirpes alto crecimiento	X	-	-

Analizando estos factores en relación a la densidad, y teniendo en cuenta que la mayoría de granjas de broilers tienen una densidad autorizada de 39 kg/m², la etiología es similar para los tres problemas, por lo que controlando los factores que afectan a la almohadilla plantar se corrigen también los problemas de pechuga y tarso (Tabla 9).

Tabla 9. Factores de riesgo para la aparición de pododermatitis, quemaduras en tarsos y dermatitis en pechuga en relación a la densidad (Cepero, 2014)

Factor de riesgo	Tipo de lesión y densidad			
	Pododermatitis		Tarsos quemados	
	<33 kg/m ²	33-39 kg/m ²	<33 kg/m ²	33-39 kg/m ²
Meses de verano	-	-	-	X
Clima húmedo y caluroso	X	-	-	-
Cama de paja	X	-	-	-
Cama de paja + cascarilla arroz	-	X	X	X
Mayor densidad	-	X	X	X
Mayor peso vivo	-	X	-	X

3.5.4.4.- Grado de suciedad en las aves

La aparición de animales con exceso de suciedad indica que no se realiza un manejo correcto de los mismos, que hay camas húmedas o ambiente inadecuado, y ese exceso de suciedad y humedad acabará dando lugar a la aparición de dermatitis tanto en pechugas como en patas. Puede ser debida también a una elevada densidad de animales o a factores nutricionales.

Se establecen tres grados para clasificar la suciedad en las aves (Figura 25):

- Grado 0: animales sin suciedad o poco sucios
- Grado 1: animales moderadamente sucios
- Grado 2: animales muy sucios



Suciedad en aves grado 0 Suciedad en aves grado 1 Suciedad en aves grado 2

Figura 25. Grados de suciedad en aves (MAPA, 2015; permitido por MAPA)

La suciedad en las plumas está altamente relacionada con la mortalidad observada antes del sacrificio y con el rechazo de canales en el matadero (Jacobs et al., 2017b; Ben Sassi et al., 2019).

3.5.4.5.- Mortalidad en el transporte y mortalidad total

La mortalidad durante el transporte es un indicador clave de falta de bienestar, y puede tener su origen desde el momento de la captura, con procedimientos bruscos, pasando por la duración del trayecto, clima y condiciones del transporte hasta la recepción en el muelle de descarga.

En Galicia, el sistema SEMAGA (Servicio de Mataderos de Galicia) es una aplicación informática que facilita la acción inspectora y el control del sacrificio de las aves, a la vez que implanta un sistema que garantiza la trazabilidad de los procesos y registra información que incluye el bienestar animal, la inspección *antemortem* y *postmortem*, protocolos de buenas prácticas, etc., para ponerla a disposición de los servicios oficiales a tiempo real (López-Aznar, 2020).

3.5.4.6.- Presencia de lesiones y enfermedades

En el matadero se debe evaluar la presencia de procesos infecciosos o tóxicos: hemorragias, atrofas de la canal, degeneración grasa, variaciones en color (palidez o cianosis) o articulaciones inflamadas. Otra característica de los broilers que debe tenerse en cuenta tras

su sacrificio son los cambios en tamaño o consistencia de los hígados, así como aerosaculitis, pericarditis, peritonitis, poliserositis fibrinosa y ascitis.

La presencia de animales caquéticos, caracterizados por su desigualdad en el lote, atrofia muscular y pérdida de grasa corporal también debe monitorizarse.

Se establecen unos umbrales a partir de los cuales se comunica al responsable de los animales la falta de bienestar animal en su explotación (Tabla 10). Así, un incumplimiento reiterado de alguno de estos indicadores puede suponer la pérdida de la autorización de la densidad de cría, con el perjuicio económico que supondría para una producción ya de por sí ajustada en márgenes.

Tabla 10. Umbrales de comunicación de insuficiente bienestar animal cuando se valoran de manera conjunta la presencia de varias enfermedades o lesiones (MAPA, 2015)

Indicador	Nº animales de muestra	Valor a determinar	Valor umbral	
Pododermatitis	100	(Nº de patas de grado 1 x 0,5) + (Nº de patas de grado 2 x 2)	41	
Dermatitis tarsal	100	Nº de animales afectados con grado 1	13	
Tasa de mortalidad en el transporte	Todos los del lote de salida de la explotación	(Nº de animales muertos a la llegada al matadero/ Nº de animales cargados en el transporte) x 100	2 %	
Tasa de mortalidad total	Todos los del lote	Tasa de mortalidad diaria acumulada + tasa de mortalidad durante el transporte	9 % (solo en explotaciones con densidad de cría superior a 33 kg pv/m ²)	
Grado de suciedad	100	Nº de animales de grado 1 + (Nº de animales de grado 2 x 2)	20	
Lesiones en pechugas	50	Nº de animales afectados con grado 1	10	
Enfermedades y lesiones	Emaciación	Todos los del lote	Nº canales declaradas no aptas por caquexia / Nº de animales del lote sacrificados	3 %
	Ascitis o edema	Todos los del lote	Nº canales declaradas no aptas por ascitis o edema / Nº de animales del lote sacrificados	3 %
	Septicemia	Todos los del lote	Nº canales declaradas no aptas por septicemia / Nº de animales del lote sacrificados	3 %
	Otras (lesiones, celulitis, traumatismos, hematomas...)	Todos los del lote	Nº canales declaradas no aptas por otras enfermedades o lesiones / Nº de animales del lote sacrificados	3 %

* Umbral de comunicación cuando se valora conjuntamente la presencia de varias enfermedades/lesiones

El número de lotes a controlar para determinar la presencia de lesiones y enfermedades será, como mínimo:

- Todos los lotes de animales criados en explotaciones autorizadas a cría a densidad superior a 39 kg/m² que lleguen al matadero.
- La mitad de los lotes de animales criados en explotaciones autorizadas a cría a densidad entre 33 y 39 kg/m² que lleguen al matadero.
- El 10 % de los lotes de animales criados en explotaciones autorizadas a cría a densidad inferior a 33 kg/m² que lleguen al matadero.
- Todos los lotes de animales provenientes de explotaciones de las que se desconoce para qué densidad de cría están autorizadas.

3.5.5.- Calidad de las canales

Además de estos indicadores supervisados por las autoridades sanitarias para evaluar el grado de bienestar animal en las explotaciones, en el matadero se evalúan otros parámetros de calidad que ocasionan depreciación del producto final:

- Arañado
- Hematomas en muslo, axila, ala, dorsal y espalda
- Rozado
- Rasgado
- Celulitis
- Pluma en ala y en espalda
- Miopatías del músculo de la pechuga

3.5.5.1.- Arañado

Son lesiones en la piel causadas por las uñas en las porciones dorsales y a veces ventrolaterales o posteriores del abdomen. Estas lesiones tienen un impacto directo sobre la integridad física del ave y provocan una pérdida del valor comercial de la canal.



Arañado reciente

Arañado antiguo

Figura 26. Distintos tipos de arañado en las canales

En la evaluación de calidad se distingue el arañado reciente (consecuencia de manejo de los últimos días o del procedimiento de recogida) del arañado antiguo, producido a lo largo del engorde y que suele encontrarse en proceso de cicatrización (Figura 26). También se pueden

observar lesiones leves, como un corte superficial o graves, cuando aparecen más de tres lesiones superficiales o una ancha y profunda.

Se localizan principalmente cerca de la articulación coxofemoral, en dorso y abdomen, y pueden dar lugar a dermatitis superficial y/o celulitis (infección subcutánea). Si aparecen en animales jóvenes, se pueden curar en una o dos semanas.

Se asocian a un exceso de actividad, como migraciones de pollos dentro de la nave, nerviosismo, amontonamientos, aclarados... así como a falta de movilidad por problemas de patas, alta densidad de población, mala distribución de los animales en la nave o restricciones de pienso (Bilgili y Hess, 1995, Elfadil et al., 1996). Las granjas con camas húmedas también presentan mayor incidencia de arañados.

Existe además un factor genético de resistencia de la piel por el contenido y madurez del colágeno, menor en hembras que en machos (Bilgili et al., 1993). Algunos estudios sugieren que temperaturas elevadas y dietas con alta energía provocan una reducción del colágeno presente en la piel.

Un correcto emplume del broiler protege la piel, por lo que se deben asegurar minerales traza, prevenir micotoxinas, suministrar niveles correctos de aminoácidos digestibles y de vitaminas del complejo B para prevenir los arañados. La adecuada presentación física del pienso es fundamental para acortar el tiempo que las aves permanecen en los platos y prevenir comportamientos agresivos durante la alimentación.

Otros factores que pueden agravar y hacer más visibles estas heridas en la piel son lotes poco uniformes, temperatura incorrecta del escaldado o mal desplume.

3.5.5.2.- Hematomas en muslo, axila, ala, dorsal y espalda

El hematoma en ala se caracteriza por el acúmulo de sangre en venas y arterias del ala (Figura 27). La aparición de hematomas en diferentes partes de la canal resulta más o menos visible en función del sistema de carga, transporte y sacrificio.

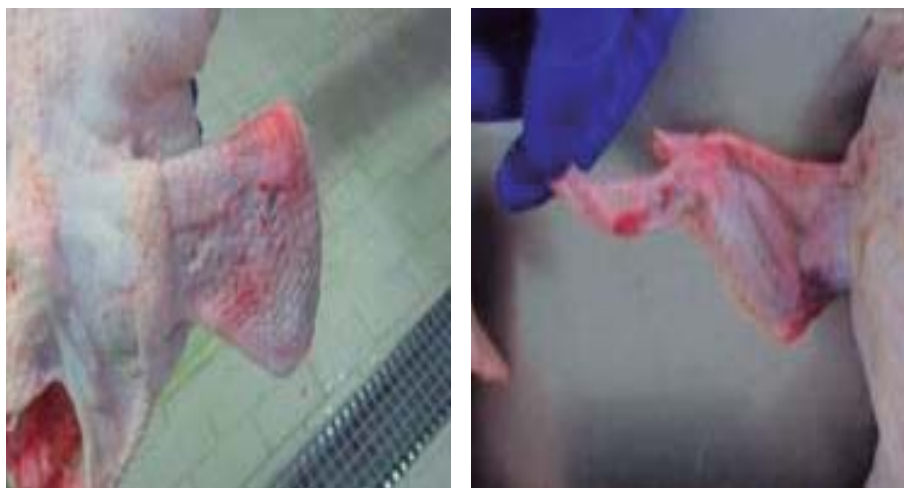


Figura 27. Hematoma en ala

El aturdidor del matadero es un factor fundamental en la aparición de estos problemas. Las peladoras contribuyen a evidenciar los defectos de sangrado y los pequeños hematomas. Además, se debe considerar un problema genético de incremento en la permeabilidad vascular.

Como posibles factores nutricionales se barajan las micotoxinas, grasas en malas condiciones y deficiencias en vitaminas (E, C, K y grupo B) y minerales.

Cuando aparece este tipo de lesión se observan petequias y hemorragias en la musculatura, las cuales pueden cursar con fractura de huesos en distintas articulaciones de esta extremidad. Asimismo, pueden aparecer dislocaciones de huesos acompañadas de hemorragias de distinto grado.



Figura 28. Hematoma en axila

En los hematomas en axila el acúmulo de sangre suele observarse sin presencia de inflamación evidente en la articulación interescapulohumeral. Se produce normalmente a causa de la ruptura del hueso coracoides, acompañada o no por la de los vasos que irrigan el ala (Figura 28).

El hematoma en muslo es una lesión localizada en la base de la tibia, con coloración desde rosácea hasta verde, en función del tiempo transcurrido (Figura 29).



Figura 29. Hematoma en muslo

En el hematoma en la espalda, lo más frecuente, es observar una irritación de la piel en la zona posterior de la espalda a nivel de la articulación femoral (Figura 30).



Figura 30. Hematoma en espalda

La mayoría de las lesiones observadas son enrojecimientos visibles a través de la piel, y en general, se corresponden con hematomas agudos. Son producidos por extravasación y acumulación de sangre en el tejido subcutáneo y muscular y se pueden haber ocasionado horas antes de la muerte o hasta unos segundos después del sangrado. Los hematomas pueden ocurrir durante la carga y descarga de los animales en el transporte hacia el matadero y son indicadores de déficits en bienestar animal.

A partir de las 12 horas de evolución de un hematoma en el animal vivo se empiezan a detectar productos de degradación de la hemoglobina, haciendo que la coloración del hematoma subagudo cambie a una coloración amarillenta o verdosa, en función del metabolito principal (bilirrubina-amarillento; biliverdina-verdoso). La proporción de estos pigmentos depende de un conjunto de variables donde parece que la temperatura ambiental es un factor importante.

Para Northcutt et al. (2000), los hematomas en pechuga se vuelven más oscuros, mientras los de alas y muslos son más claros con el transcurso del tiempo, y la estimación del momento en que se producen es sencilla mediante una evaluación colorimétrica objetiva.

3.5.5.3.- Rozado

Las lesiones por rozado se perciben como alteraciones en el aspecto de la piel, fundamentalmente erosiones en la superficie de la canal (Figura 31).



Rozado en pechuga

Rozado en espalda

Figura 31. Lesiones de rozado la piel

3.5.5.4.- Rasgado

El rasgado es la rotura mecánica de la piel debido a diversas causas, observándose una alteración de la integridad de la piel (Figura 32).



Rasgado en granja

Rozado por maquinaria

Figura 32. Lesiones de rasgado de la piel

3.5.5.5.- Celulitis

Se trata de una inflamación aguda, difusa y edematosa del tejido subcutáneo en la que *E. coli* está implicado en el 90 % de los casos. Se ven placas caseosas, dermis engrosada y exudado pardo amarillento. Es motivo de decomisos en matadero (Figura 33).



Figura 33. Celulitis

3.5.5.6.- Pluma en ala y en espalda

La aparición de plumas en las alas y/o en la espalda tras la obtención de las canales en el matadero es un indicativo de mala calidad del proceso de desplumado (Figura 34).



Figura 34. Presencia de plumas en la canal

3.5.5.7.- Miopatías del músculo de la pechuga

Son defectos asociados sobre todo a los músculos pectorales, con diferentes grados de isquemia o degeneración de las fibras musculares que los forman. Se presentan sobre todo en animales de alto peso y/o tasas de crecimiento irregulares.

Las miopatías más frecuentes que pueden afectar al músculo de la pechuga son:

- miopatía pectoral profunda o músculo verde
- estrías blancas o *white stripping*
- pechuga de madera o *wooden breast*
- músculo de espagueti o *spaguetti meat*
- miopatía dorsal craneal

Las miopatías suponen una creciente preocupación en la evaluación de calidad, especialmente en canales que se venden enteras, al no haber posibilidad de despiece que permita separar las pechugas afectadas. Por ello, resulta importante conseguir un método de detección de las mismas previo al procesado. En este sentido, se han hecho pruebas con radiofrecuencia (Traffano-Schiffo et al., 2017), espectroscopia infrarroja cercana, NIR (Wold et al., 2019) y tests histológicos o bioquímicos con biomarcadores, aún en desarrollo. Además, se hace necesaria una clasificación estandarizada para identificar el progreso en el grado de afectación por estrías blancas, pechuga de madera o músculo de espagueti.

En general, las miopatías del músculo de la pechuga se consideran un problema relacionado con la calidad y no con la seguridad alimentaria (Bilgili, 2016). Actualmente, no existe evidencia de contaminación por bacterias o virus en los músculos afectados. La mayoría de los productos que presentan estas miopatías se clasifican y se decomisan o se desvían a usos alternativos. Sin embargo, si las miopatías son graves y están acompañadas por signos de inflamación, como hemorragias localizadas o fluído gelatinoso, las autoridades encargadas de la inspección pueden solicitar el decomiso de la canal completa, tal como sucede en Europa, o el corte de las partes afectadas, como es del caso de Brasil y América del Norte.

3.5.5.7.1.- Miopatía pectoral profunda

Se presentó por primera vez pollos de engorde en la década de los 80, también denominada enfermedad de Oregón o enfermedad del músculo verde (Figura 35).

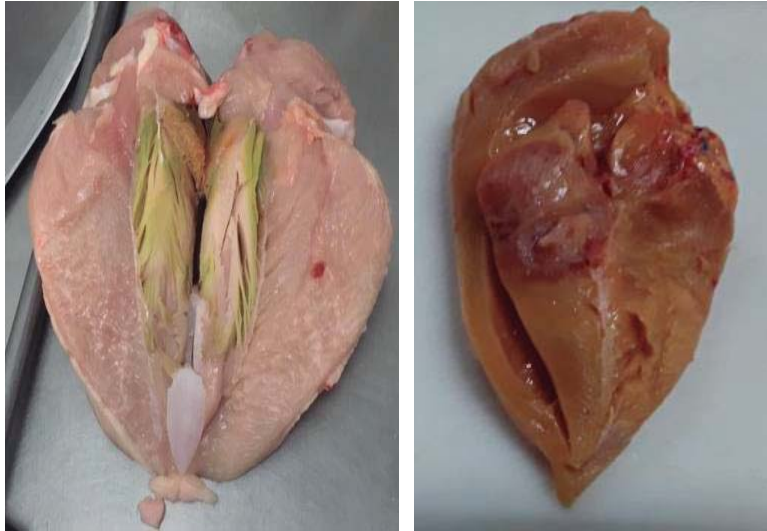


Figura 35. Pechugas afectadas por miopatía pectoral profunda

Se trata de un proceso muscular degenerativo caracterizado por la necrosis y atrofia de los músculos supracoracoideo y pectoral menor. Las lesiones suelen afectar a ambos filetes internos y varían en color, progresando de una apariencia hemorrágica rosácea a una decoloración verdosa. Se asocia a un déficit de oxígeno en el pectoral menor, a veces simplemente por periodos de aleteo relativamente cortos.

3.5.5.7.2.- *Estrías blancas o white stripping*

Afecta principalmente al músculo pectoral mayor y se caracteriza por líneas blancas visibles, paralelas a la dirección de las fibras musculares (Figura 36).



Figura 36. Pechugas afectadas por estrías blancas o *white stripping*

La cantidad y el grosor de las estrías blancas pueden variar de un ave a otra y se localizan normalmente en la parte craneal del músculo, cerca de la unión con el ala, pudiendo extenderse o no a la porción más caudal (Ferreira et al., 2014). Se clasifica normalmente en dos grados: moderado, cuando las estrías presentan un espesor menor de un 1 mm; y severo, cuando las el espesor de las estrías es superior a un 1 mm (Kuttappan et al., 2012a). Sin embargo, Bailey et al. (2015) establecieron tres escalas de severidad:

- 1.- estrías leves focales en parte de la pechuga
- 2.- estrías moderadas cubriendo extensamente la pechuga
- 3.- estrías graves y anchas cubriendo ampliamente la superficie muscular.

El análisis histológico y químico del músculo de la pechuga afectada muestra que las líneas blancas están compuestas, principalmente, de tejido adiposo y tejido conectivo que ha proliferado (Kuttappan et al., 2013a). El tejido de la pechuga gravemente afectado por estrías blancas puede mostrar un aumento del tejido conectivo con niveles variados de degeneración y regeneración de fibra muscular a nivel microscópico. Todo el tejido muscular en las miopatías de pechuga presenta un determinado nivel de degeneración y regeneración de la fibra muscular, pero, en el caso de las estrías blancas, y también de la pechuga de madera, el proceso de regeneración da como resultado la aparición de grasa y tejido conectivo de sustitución, en lugar de una fibra muscular reparada. Aparece como una lesión focal aproximadamente a las dos semanas de edad y posteriormente desarrolla un daño fibrilar extendido (Papah et al., 2017).

La causa exacta de las estrías blancas aún no se conoce, y continúa siendo un área de investigación activa. Es la miopatía más frecuente, y afecta a un 50 % de pechugas en Italia, Francia, España y Brasil (Alnahhas et al., 2016, Russo et al., 2015), con una afectación severa en torno al 20-30 % del total de los animales afectados.

Aunque es menos frecuente, esta condición también se ha reportado en el contramuslo (en el músculo ileotibial), solomillo (en el músculo *pectoralis minor*) y en muslo (músculo gastrocnemio) (Kuttappan et al., 2013a).

3.5.5.7.3.- Pechuga de madera o *wooden breast*

Esta miopatía también afecta al músculo pectoral mayor y se caracteriza por un endurecimiento del músculo de la pechuga, generalmente en la parte más gruesa del filete, aunque, en los casos más graves, puede encontrarse en todo el músculo (Figura 37).



Figura 37. Pechuga de madera o *wooden breast*

En función de la gravedad, aparecen otras características visuales, como una coloración más pálida, hemorragias superficiales y la presencia de fluido gelatinoso en la superficie del músculo (Sihvo et al., 2014; Kuttappan et al., 2016).

El análisis histológico del músculo muestra una degeneración y regeneración activas de las fibras musculares, inflamación y edema intracelular de las miofibrillas, hialinización y una infiltración de células inmunes, concretamente de los macrófagos. Además, puede verse un incremento de la deposición del tejido adiposo y conectivo, el cual se cree que contribuye al aumento de la dureza del músculo.

En cuanto a patología, la pechuga de madera se puede caracterizar como una miodegeneración con fibrosis y regeneración.

El grado de afectación de la pechuga de madera se clasifica en cuatro estadios (Papah et al., 2017; Petracci et al., 2017; Sihvo et al., 2017):

- leve: cuando la dureza es ligera y difusa focal
- moderada: si hay presencia de una dureza difusa focal con más extensión
- grave: con más del 75 % de la pechuga afectada
- muy grave: cuando toda la pechuga está afectada

Se asocia a reducciones de perfusión sanguínea durante etapas de alta demanda metabólica en pollos de elevada velocidad de crecimiento, y puede estar asociado también con la aparición de estrías blancas (Kuttappan et al., 2016; Soglia et al., 2016).

3.5.5.7.4.- *Músculo de espagueti*

Se caracteriza por la pérdida de tejido conectivo estructural y de integridad del músculo de la pechuga, lo que causa friabilidad y debilitamiento de las fibras musculares, que se disponen con el aspecto de espagueti (Figura 38). Normalmente afecta a la porción craneal del músculo, y puede estar o no asociada con estrías blancas (Baldi et al., 2018). Histológicamente, éste se ve desorganizado en cuanto a estructura, con una mezcla de fibras musculares pequeñas y muy grandes. Existe evidencia de hipercontracción de las fibras musculares y la degeneración y regeneración activas de las fibras, aunque menos evidente en comparación con la pechuga de madera.

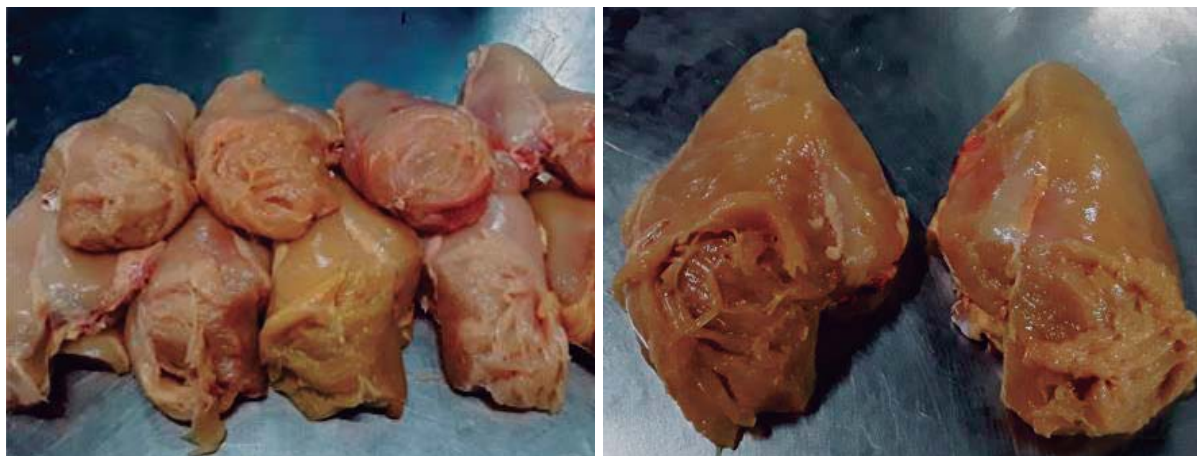


Figura 38. Pechuga afectada por músculo de espagueti

Todavía está por determinar si este daño histológico sucede con el animal vivo. Después del procesado, los paquetes de fibras pueden separarse, lo que causa que el músculo se deshaga fácilmente con las manos y adquiera el aspecto que le da nombre.

Al igual que con las demás miopatías, la incidencia y la gravedad del músculo de espagueti varía desde sólo una pequeña parte de la pechuga afectada hasta la totalidad del músculo.

3.5.5.7.5.- *Miopatía dorsal craneal*

Afecta al músculo trapecio, localizado en el dorso, entre los hombros de los pollos, que consta de dos bandas bien definidas que se insertan en los húmeros y cuya función es mantener las alas adyacentes al cuerpo.

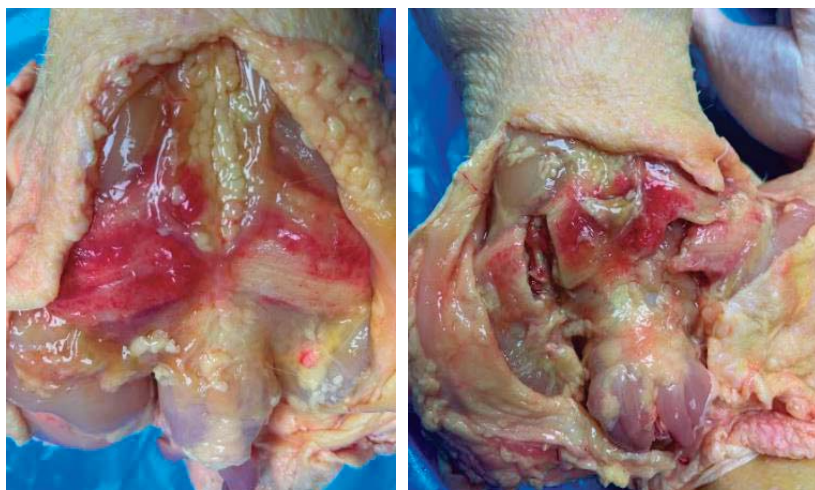


Figura 39. Pechuga afectada por miopatía dorsal craneal (cortesía de Luís Canela, Aviagen)

Se percibe un edema de la región afectada, engrosamiento de los músculos y necrosis leve, moderada o severa que finalmente deriva en fibrosis (Zimmermann, 2008). La piel que recubre a los músculos se observa con una coloración anormal, amarillenta o rojiza, siendo fácilmente detectable la miopatía antes de retirar la piel observando cuidadosamente las canales durante su procesado en la planta (Figura 39).

Puede ser una miopatía desencadenada como resultado de ejercicio súbito y violento, al igual que la miopatía pectoral profunda. También puede presentarse una inflamación secundaria debida a deficiencias nutricionales, como la carencia de vitamina E, selenio y degeneraciones por intoxicaciones con ionóforos o cobre.

3.5.6.- Evaluación de la calidad

En la planta de procesamiento de los animales, el control de calidad de las canales se realiza diariamente, con objeto de evaluar la incidencia de defectos y obtener una mejora de calidad del producto, potenciando su rendimiento económico (Figura 40).

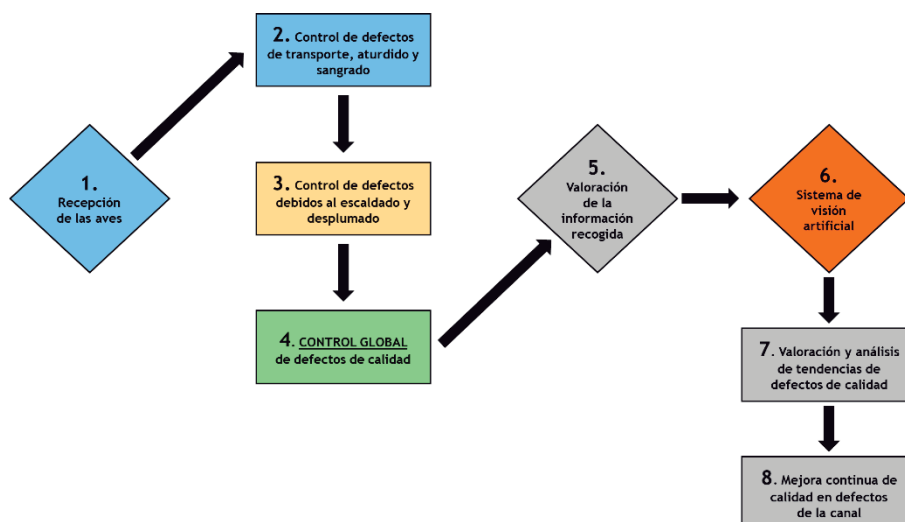


Figura 40. Diagrama de flujo del control de calidad en un matadero avícola

En un primer momento se evalúa la mortalidad a la llegada pasando a continuación al cuelgue de los animales. Durante el aturdimiento eléctrico se evalúan los reflejos y la respiración rítmica. El sangrado se lleva a cabo mediante degolladoras automáticas que cortan ambas carótidas y yugulares. El aturdimiento y el sangrado son supervisados por el mismo operario, que realiza el control de calidad mediante el conteo de aves que presentan ala dislocada durante el cuelgue, aturdimiento y sangrado en muestras de un número representativo de aves por cada camión a procesar. Asimismo, se controla la ausencia de plumas, fracturas y animales rozados por el desplumado por parte del operario encargado de este proceso.

El control global de defectos se realiza en cada línea de sacrificio una vez los pollos llegan a la zona de eviscerado. Existe un puesto de control en cada línea, donde personal con formación específica y amplia experiencia evalúa un número representativo de canales para cada lote objeto de estudio. Se examina la presencia de:

- Desigualdad: mediante el trazado de una línea superior e inferior en relación al tamaño esperado de las carcasas de las canales en función de su peso. Todo lo que pase o quede por debajo de esas líneas se cuenta como desigualdad.
- Zona ventral: análisis de hematomas en muslo, ala o axila, presencia de alas fracturadas, piel rozada o pechuga afectada o quemada.
- Zona dorsal: arañado, diferenciando si es reciente o viejo, hematoma dorsal del ala, piel rozada en la espalda y piel rasgada distinguiendo si se produjo en la granja o por las máquinas del matadero.
- Pododermatitis tarsal y dorsal, indicando presencia o ausencia.
- Color: del 1 al 4 según la escala de Roche.
- Canales de segunda: en el control visual se evalúan como segundas aquellas canales que presentan lesiones muy evidentes como fracturas, dermatitis, alas fracturadas, hematomas en ala, axila o muslo mayores de 3 cm, tendinitis, arañados dorsales muy evidentes, etc. La inspección se realiza en la zona ventral y se hace un examen individual de defectos y una visión global de segundas visuales.

En caso de defectos graves se realiza doble contraste por parte del equipo de detección y de los veterinarios responsables de calidad.

Además de estos procedimientos se realiza el control que establece el RD 692/2012 en lo que respecta a la evaluación del bienestar animal en granja.

Tras el control visual se pesan todas las canales y se enfrían durante tres horas, saliendo oreadas a 4 °C, previa clasificación.

Toda la información recogida se incluye en un parte diario de calidad, que constituye una importante base de datos para la generación de informes y análisis de tendencias. El resumen diario de calidad se envía diariamente al personal de campo y se coteja con la previsión de calidad enviada con antelación al matadero por parte de este personal. En caso de detectarse desviaciones graves se comunican inmediatamente.

Actualmente existe la posibilidad de someter las canales de las aves a un sistema de visión artificial que realiza una foto dorsal y ventral a cada una de ellas y en base a estándares programados en el software categoriza las canales en A, B o C. La categoría A y B son las canales de primera categoría, correspondiéndose la categoría A con aquellas canales sin ninguna lesión mientras que la categoría B son canales con lesiones ligeras. La categoría C concierne a las canales de segunda que presentan hematomas grandes, alas fracturadas, etc. y que no podrán ir a consumidor final como canales enteras. Estos sistemas de visión artificial suelen presentar una desviación de 1-2 % con respecto a la clasificación de segundas real llevada a cabo por un operario experto.

Al día siguiente del sacrificio, en la sala de despiece, se muestrean diariamente los lotes sacrificados. Para cada lote examina un número representativo de canales del peso medio del lote para evitar sesgos.

Estas canales se despiezan en conos manualmente para evitar interferencias de máquinas de despiece y se analizan pechugas, muslos y alas de cada una de ellas.

El análisis lo realiza personal formado y experto en base a estándares fotográficos de los diferentes tipos de lesión.

Así, la comunicación entre los responsables de calidad de matadero y los responsables de campo debe ser fluida, analizando la evolución de los diferentes parámetros, y evaluando posibles interacciones granja/transporte/procesado en busca de la mejora continua.

4. CAPÍTULO I

***“ESTUDIO DE DIFERENTES
TIPOS DE CAMA EN RELACIÓN
A LOS PARÁMETROS
PRODUCTIVOS Y DE CALIDAD
DE LAS CANALES EN
MATADERO”***

4. CAPÍTULO I

4.1.- INTRODUCCIÓN

La yacija se compone de la mezcla del material empleado como cama con las deyecciones, restos de pienso y agua y plumas resultantes del engorde de los pollos (López-Asensio, 2009). Se trata del medio en el que transcurre toda la vida del animal, en contacto permanente con ella, y tiene tres funciones principales: aislar a los pollos del suelo, absorber la humedad depositada y diluir las excretas de los animales, disminuyendo el contacto con las mismas y, por tanto, mejorando su bienestar.

Cada plaza de broiler, en la cual se llevan a cabo de cinco a seis cebos al año, genera de 10 a 17 kg de estiércol anuales, con un contenido en materia seca que oscila entre un 38,6 % y un 86,8 % (BREF, 2003). Su gestión supone además un importante problema ambiental.

La búsqueda del mejor material en relación coste beneficio y su implicación en parámetros que afectan a la calidad y el bienestar animal es una preocupación constante entre los productores, así como también el cálculo de la cantidad idónea a emplear.

4.1.1.- Composición química de la yacija

Durante la crianza, cada pollo produce alrededor de 2 kg de excretas que se depositan en la cama, con un elevado contenido de nitrógeno, principalmente en forma de ácido úrico (70 %) y proteínas no digeridas, que se transforman en amoníaco (NH_3) por medio de microorganismos y enzimas. Otra porción permanece como amonio (NH_4), pasando posteriormente a nitritos y nitratos.

La composición de la yacija ha sido estudiada por diversos autores con el objetivo de mejorar su empleo como fertilizante, combustible o incluso como alimento para rumiantes. Es muy variable de unas granjas a otras y depende de diversos factores, tales como tipo y cantidad de material empleado inicialmente, densidad de animales, días de engorde, tipos de bebederos y comederos y consumo de agua. Este consumo de agua está a su vez relacionado con aspectos de la dieta (nivel de proteína, balance electrolítico, coccidiostatos, cereales, niveles de fibra no digestible y algunos tratamientos tecnológicos) (Francesch y Brufau, 2004), y con las condiciones ambientales.

A pesar de la variabilidad en la composición de la cama, el nitrógeno supone el principal mineral. Proviene de la proteína no digerida y de diferentes procesos metabólicos. Refiriéndonos al nitrógeno en la avicultura, y según el tipo de ave, entre el 25-43 % del nitrógeno contenido en la dieta pasa a formar parte de la yacija y entre el 18-40 % pasa a la atmósfera, restando como parte del animal entre un 0,84 % en el caso de ponedoras y un 51 % en broilers (Patterson y Adrizal, 2005).

El estiércol de cebo de broilers tiene unas altas concentraciones de nutrientes principales: nitrógeno, fósforo y potasio (Tabla 11). A diferencia de los estiércoles de las aves de puesta, el nitrógeno permanece bastante estable en la evolución anual, con una ligera pérdida de nitrógeno amoniacal por efecto del almacenamiento. Las variaciones en el fósforo podrían explicarse por las distintas técnicas de alimentación y el aporte de fitasas a los piensos. La materia orgánica es superior al 70 % sobre materia seca y desciende ligeramente con el tiempo de almacenamiento.

Tabla 11. Caracterización del estiércol de engorde de pollos (cama de cascarilla de arroz) con diferente maduración (Modificado de Gobierno de Aragón, 2018)

Tiempo de acopio		Nitrógeno total (N kg/t)	Nitrógeno amoniacal (N-NH ₄ kg/t)	Fósforo (P ₂ O ₅ kg/t)	Potasio (K ₂ O kg/t)	Materia orgánica (%)	Humedad (%)
2 meses	(smf)	31,2	9,0	19,7	25,3	55,5	25,0
	(sms)	41,6	12,0	26,2	33,7	74,0	-
6 meses	(smf)	33,3	8,6	24,5	33,1	58,8	20,2
	(sms)	41,7	10,8	30,7	41,5	73,7	-
12 meses	(smf)	33,7	9,5	26,5	38,4	55,8	16,1
	(sms)	40,1	11,3	31,5	45,8	66,5	-

smf: sobre materia fresca, sms: sobre materia seca

La calidad de la cama afecta a la expresión del potencial genético de las aves debido a su continuo y estrecho contacto con el animal. El manejo de la cama es tan importante como la ventilación, la nutrición, la calidad del agua y el programa sanitario en la producción avícola.

4.1.2.- Humedad

La degradación biológica de la yacija depende de la temperatura, la humedad y el pH. El contenido en humedad varía en función del tipo y la cantidad de cama usada, densidad de animales, sistemas de bebederos, tasa de ventilación y estrategia de alimentación empleada.

El rango de valores publicados es muy amplio y va aumentando a medida que el pollo crece. La cama nueva contiene un 10 % de humedad de media. Al extenderse y llegar los pollitos se debe mantener sobre el 20 %, considerándose seca por debajo de esta humedad, siendo un valor adecuado en plena crianza entre el 20 % y el 30 % (Valls, 2016). Estos datos son similares a los indicados por Coufal et al. (2006) para crianzas de broilers de 40 a 42 días sobre cascarilla de arroz, donde los niveles de humedad en la yacija fluctuaron entre 23,4 y 29,1 %.

Se considera una cama húmeda cuando la acumulación de agua provoca cambios en las características de la yacija y esta pasa a ser perjudicial para la salud y el bienestar de las aves, la eficiencia de la producción y el medio ambiente, por el efecto en la carcasa de los animales y la producción de amoníaco. El umbral está en torno a un 35-40 % de humedad, pero a partir del 25 % ya se ven comprometidas las capacidades de amortiguación, aislamiento y capacidad de retención de agua de la yacija (Collet, 2012).

La cama húmeda supone un mayor gasto en energía porque se necesita incrementar la ventilación y la calefacción en la nave para secarla. Además, cuanto más humedad contenga la yacija, más grave será el problema medioambiental, al aumentar el peso y volumen de la cantidad de cama debido a la reposición con material seco y que es necesario eliminar, almacenar y reutilizar, lo que supone más gasto económico. Asimismo, se incrementa la cantidad de insectos voladores y la velocidad de emisión de amoníaco al aire (Francesch y Brufau, 2004).

Las principales fuentes de humedad en las naves son las deyecciones de los animales, los derrames de los bebederos, las condensaciones y el vapor de agua del aire. Durante una crianza, se pueden añadir más de 100 l/m² de agua total a la cama, por eso la ventilación resulta esencial para eliminarla (Figura 41).

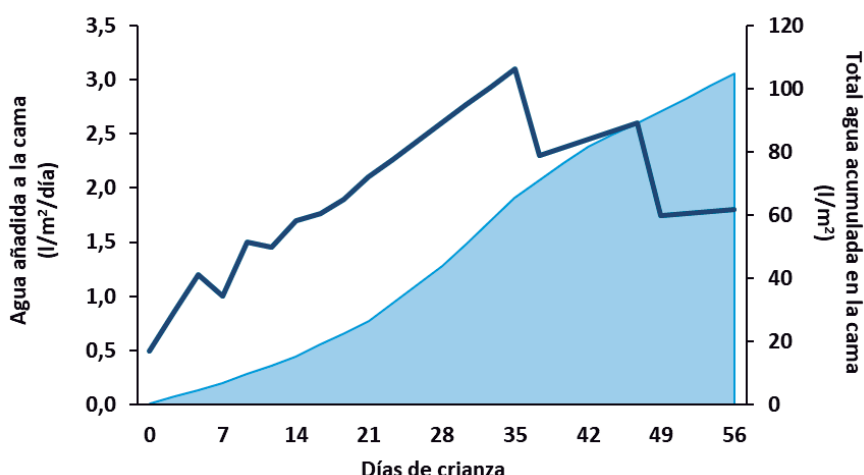


Figura 41. Cantidad de agua añadida a la cama a causa de las deyecciones y el derrame normal durante una crianza (Modificado de Dunlop et al., 2015)

Una cama con menos del 22 % de humedad no presenta *Salmonella* spp., *Escherichia coli*, *Listeria* spp., *Campylobacter* spp. o *Staphylococcus* spp. toxigénicos (Ferreira et al., 2004), por lo que mantener niveles bajos redundaría en la salud de las manadas. El aumento de humedad o la presencia de granos (maíz, arroz) en la yacija supone un riesgo de presencia de esporas de hongos patógenos o micotoxinas, cuya eliminación total es imposible.

El tipo de sustrato influye directamente en el porcentaje de humedad de la cama durante el ciclo de cría de las aves. La absorción de agua es variable en función del material empleado (Figura 42).

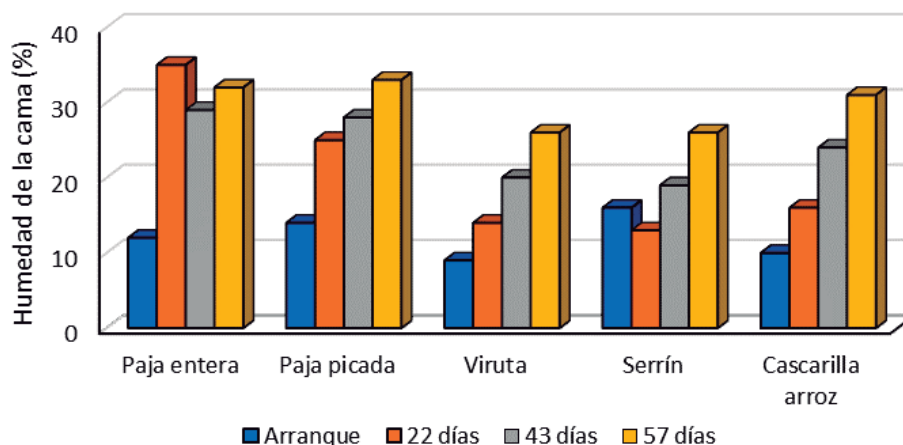


Figura 42. Evolución de la humedad de la cama con distintos materiales (Modificado de Barragán, 2009).

Si bien en las primeras investigaciones se achacaban las pododermatitis a quemaduras debidas al amoníaco, actualmente distintos estudios han demostrado que la humedad de la cama por sí sola puede ya causar o inducir la pododermatitis (Mayne et al., 2007; Youssef et al., 2011).

El contenido en humedad crítico para la aparición de pododermatitis estaría en torno al 35 % (El-Wahab et al., 2012). Otros autores distinguen entre camas húmedas y secas en base a un baremo de puntuación, que consiguen añadiendo agua a la cama para iniciar las condiciones para producir pododermatitis (Cenjiz et al., 2011; de Jong et al., 2014).

4.1.3.- pH

El pH de la cama nueva es ligeramente ácido. En el caso de la viruta oscila entre 3,5 y 6 en función del tipo de madera de origen (Munir et al., 2019) y el de la cascarilla está en torno a 6,7 (MAPA, 2021b), situándose el del *dry bed* o *cama seca* entre 7 y 7,5 (PITESA, 2020).

La progresiva incorporación de las heces y el desdoblamiento del ácido úrico a amoníaco va alcalinizando el medio hasta situarse entre 8 y 9 (Lopes et al., 2013). Este rango es favorable para la multiplicación de la mayoría de bacterias, así que su reducción podría ayudar a disminuir su concentración. A medida que se incrementa el pH aumenta la producción de amonio volátil (pH 11), que también alcaliniza el medio. La liberación de amoníaco es menor a pH por debajo de 7 y mayor cuando está por encima de 8 (Terzich, 1997). Con la degradación de la cama se desarrollan gases tóxicos que irritan las mucosas respiratorias, facilitando la acción posterior de agentes patógenos sobre las lesiones previamente producidas. Además, el amoníaco produce irritación de los cojinetes plantares de las patas, tarsos y pechuga, ocasionando lesiones. La legislación europea no permite superar los 20 ppm de amoníaco volátil en el ambiente de la nave.

Para disminuir el pH y reducir la humedad y, por tanto, las emisiones de amoníaco, se ha probado a añadir diferentes sustancias, como cal apagada, bisulfato de sodio (Toppel et al., 2019) o sulfato de aluminio (Moore et al., 1996) con resultados positivos, aunque otros autores (Ferreira et al., 2004) no observaron diferencias ni con la cal ni con el sulfato de aluminio con respecto al grupo control.

4.1.4.- Microbiología

En un estudio realizado por Kwak et al. (2005) se encontraron 31 géneros distintos de bacterias en la yacija, siendo un 82 % Gram positivas, principalmente *Lactobacillus* spp., *Salinococcus* spp., algunos *Clostridium* spp., *Staphylococcus* spp. y *Bordetella* spp. El máximo número de microorganismos por gramo se alcanza a las 3-4 semanas de iniciar la utilización de la cama, y estos pueden tener un papel determinante en la microbiota intestinal de los animales y, en consecuencia, en su rendimiento final (Taherparvar et al., 2016; Kheravii et al., 2017). El control de la humedad y el pH es básico para mantener un nivel de microorganismos que evite problemas sanitarios a los broilers.

4.1.5.- Material de cama

Como material de cama generalmente se emplean subproductos industriales con alta capacidad de aislamiento y absorción de la humedad. El material seleccionado debe ser rico en carbono, como la celulosa y la lignina, y tener partículas de tamaño medio, es decir, picado o triturado, como la viruta de madera, serrín, paja entera o picada de cereales, cascarilla de girasol y de arroz. El tamaño de las partículas tiene gran importancia en la compactación de la cama, la absorción de la humedad y la aparición de lesiones en la piel de las aves. Partículas muy pequeñas pueden causar problemas digestivos y respiratorios, y por otra parte partículas muy gruesas pueden causar problemas de celulitis en aves por lesiones mecánicas. Además, debe tener baja conductividad térmica, liberar al aire la humedad absorbida, ser cómodo para los animales y permitirles la movilidad, estar exento de patógenos, de fácil manejo para el granjero y mecanizable en su reparto, y ser biodegradable y apto para transformarse en abono orgánico.

El coste y la disponibilidad de las materias primas en el mercado son los factores con más peso a la hora de emplear un material u otro. En Europa se utiliza sobre todo viruta de madera y paja de trigo picada, pero también otros materiales como turba, lignocelulosa, pasta de colza y maíz ensilado. En las explotaciones españolas, los materiales más empleados son la cascarilla de arroz, la viruta de pino y la paja picada. El *dry bed* o cama seca, un producto a base de paja

tratada térmicamente y peletizada, que se presenta como una alternativa a la paja convencional, con ventajas tanto microbiológicas como físicas. Pero no hay suficientes estudios concluyentes para determinar su relación con parámetros finales de calidad.

Hafeez et al. (2009) encontraron que la capacidad de retención de agua para el serrín, arena y paja de trigo era del 246, 152 y 181 %, respectivamente. La viruta de madera (Figura 43) tiene mejor capacidad de retención que otros materiales como la cascarilla de arroz o la paja de cereales (Farhadi et al., 2014; Barragán, 2009).

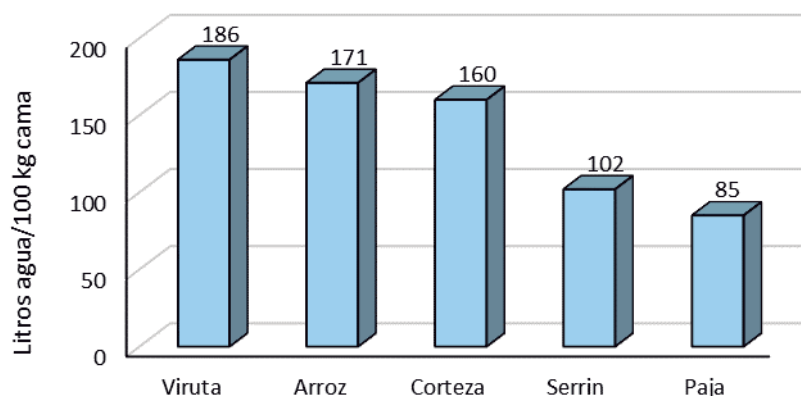


Figura 43. Capacidad de absorción de agua de los materiales de cama (Modificado de Barragán, 2009).

Los productos derivados de la madera suelen tener una humedad entre el 11 y el 14 % en el momento de extenderla (Bilgili et al., 2009). Su porosidad y naturaleza higroscópica proporciona un efecto amortiguador en la humedad relativa ambiental mediante la adsorción y desorción de humedad.

De Baere y Zoons (2004a) compararon la paja de trigo picada y la viruta de madera como materiales de cama para el pollo de engorde, sin encontrar diferencias entre los dos materiales respecto a los índices técnicos del pollo, pero con menor gravedad de lesiones de pododermatitis en la cama de viruta de madera con respecto a la paja de trigo picada (Figura 44), sin embargo, Van Harn et al. (2009) no encontraron diferencias en la severidad de la pododermatitis entre los dos materiales de cama.

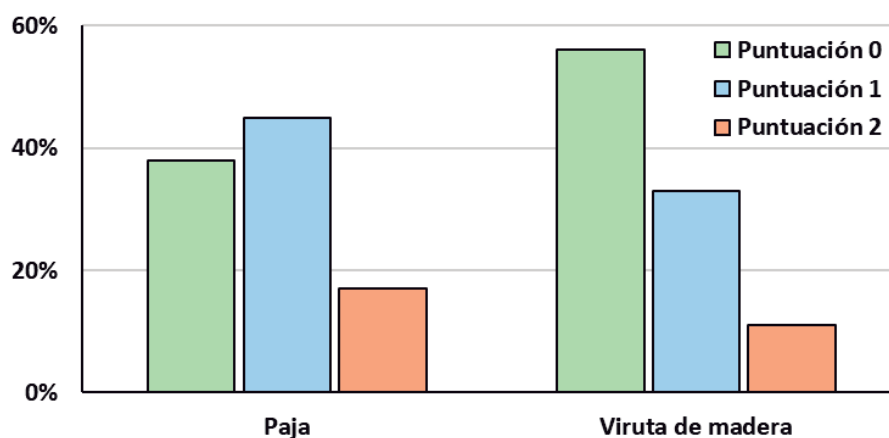


Figura 44. Comparación de la viruta de madera y la paja de trigo sobre la gravedad de la pododermatitis. 0, sin lesiones; 1, lesiones leves; 2, lesiones moderadas; 3, lesiones severas (Modificado de De Baere y Zoons, 2004a).

Una teoría que explica la menor gravedad de las lesiones cuando se emplea viruta de madera es la capacidad de la misma de frenar la proliferación de bacterias que agravan estas lesiones, gracias a ciertos componentes antimicrobianos que hay en ella, como terpenos, polifenoles y taninos (Munir et al., 2019; Cabrera et al., 2018).

Garcês et al. (2013) evaluaron siete posibles materiales como cama: viruta de madera, arena de río, cáscara de coco, papel de periódico mezclado con viruta, mazorcas de maíz, hierba de Guinea y cascarilla de arroz. Concluyeron que tanto la cascarilla de arroz como el maíz tenían una calidad comparable a la viruta en cuanto a nivel de compactación y características fisicoquímicas. En los países escandinavos es común también el uso de turba como material de cama, especialmente durante los meses de invierno. Las comparativas que se han hecho dan casos menos severos de pododermatitis con turba que con viruta de madera y con paja picada, en ese orden.

El pellet de cama vegetal absorbente (*dry bed*) higienizado es un producto que lleva años usándose en Europa por tener muchas ventajas sobre otros materiales de cama. En Alemania se han estudiado diferentes materiales de cama en varias granjas de distintas compañías durante el período comprendido entre mayo del 2009 y abril del 2010, con el objetivo de evaluar los diferentes materiales de cama, sus propiedades y la facilidad de uso (Tabla 12).

Tabla 12. Propiedades y facilidad de uso de diferentes materiales de cama. (Modificado de Valls, 2015).

Propiedades y facilidad de uso	Pellet cama	Paja	Paja triturada	Serrín	Viruta madera
Tiempo mantenimiento diario	++	-	+	-	+
Costo producto año	+++	-	+	++	+
Costo total uso	+++	--	++	-	-
Estado ambiental	+++	-	+	+	+
Pododermatitis	+++	+	++	+	+
Polvo	++	-	+	-	++
Bacterias en cama	++	---	+/-	+	++
Residuos	+++	+	++	-	-
Calidad estiércol	+++	+	++	-	-
Uso biomasa	+++	-	+	---	---
Empresas encuestadas	9	13	5	17	8
Naves analizadas	38	27	22	38	26
Valoración general	+++	-	+	+	++

+++ : muy bueno / - - - muy malo

Los pollos tienen preferencia por determinados tipos de material para desarrollar su comportamiento habitual; por ejemplo, prefieren descansar en viruta, estar de pie en paja, remozar en arena, y caminar, picotear y rascarse en papel y cascarilla de arroz (Toghyani et al., 2010; Ramadan et al., 2013; Villagrà et al., 2014).

Otro factor a tener en cuenta es el consumo del material de cama por parte de los pollos. Hasta un 4 % de lo que ingieren puede ser material de cama (Musa et al., 2012). La ingestión de viruta de madera, en comparación con la paja o la arena, incrementa el peso de la molleja y el peso en el matadero de los pollos (Ramadan et al., 2013). Es muy importante también que el

material no este contaminado, pues puede alterar la microbiota intestinal y en consecuencia la salud de los pollos (Skånseng et al., 2013).

4.1.6.- Cantidad y profundidad de cama

La influencia de la profundidad del material de cama no es clara. Monira et al. (2003) no encontraron diferencias significativas en el desempeño del pollo criado con diferentes grosores de serrín (2, 3, 4 y 5 cm), pero Shao et al (2015) si observaron una mejora del bienestar cuando se incrementaba el grosor de la cama de serrín (4, 8, 12 y 16 cm). Sogunle et al (2006) también obtuvieron mejores resultados con 6 cm de viruta de madera que con 3 cm. De Baere y Zoons (2004b) concluyeron que usar más de 1,5 kg/m² de paja de trigo picada aumenta la severidad de la pododermatitis (Figura 45).

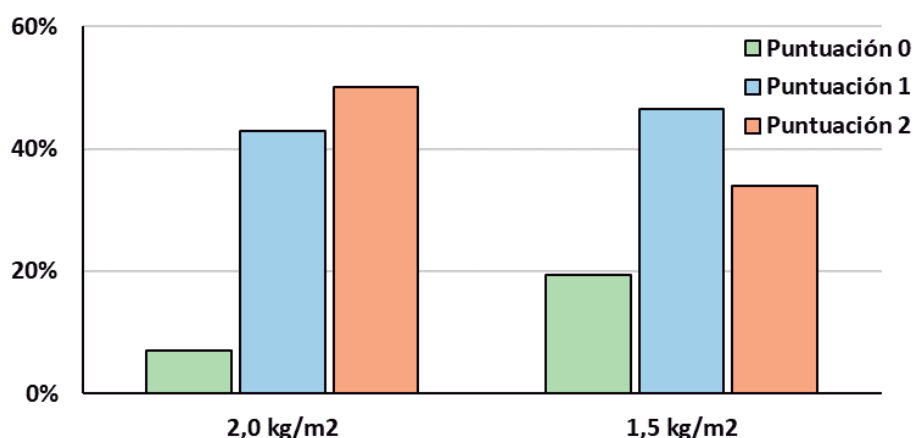


Figura 45. Efecto de la profundidad de la cama en la severidad de la pododermatitis. (De Baere y Zoons, 2004b).

Por el contrario, un estudio realizado por Van Harn et al. (2009) en el que se comparó el uso de 1,0 y 2,0 kg/m² de viruta de madera y 1,25 y 2,5 kg/m² de paja de trigo picada concluyó que la cantidad de material de cama no tuvo influencia ni en el desarrollo del pollo ni en la incidencia de pododermatitis. El bienestar animal mejoró al incrementar el grosor de la cama y disminuir los contenidos finales de la cama en humedad, amoníaco y dióxido de carbono. Por otra parte, el aumento en espesor de la cama puede contribuir a la aparición de enteritis necrótica provocada por *Clostridium perfringens*, debido a las áreas de compactación que generan un ambiente anaeróbico favorable para el desarrollo de esta bacteria (Dai-Prá et al., 2010), sin olvidar el gasto que supone ese incremento de material.

Para el control de la pododermatitis, usar una capa más delgada de material de cama podría ser beneficioso porque hay más posibilidades de que el pollo picotee, escarbe y mueva su cama si no es demasiado profunda, incrementando la aireación y manteniéndola más seca. Además, se ventila mejor. Sin embargo, es esencial precalentar el suelo con la suficiente antelación al alojamiento de los animales.

De manera general, la conclusión a la que los diferentes estudios y la experiencia llegan es que no es tan influyente el tipo ni el grosor de la cama como el manejo que se realiza para mantenerla en óptimas condiciones en todos los momentos de la crianza.

4.1.7.- Factores que afectan a la calidad de la cama

El resumen de los factores que se relacionan con el deterioro de la cama son los siguientes:

- Calidad y cantidad de los materiales empleados
- Cantidad y calidad de los excrementos producidos durante la crianza:
 - Calidad y cantidad de agua consumida
 - Iones y balance electrolítico de la dieta
 - Presencia de micotoxinas
 - Agentes microbianos
 - Aditivos incorporados al pienso
 - Nivel de proteína de la ración
 - Presentación del pienso
- Ventilación
- Temperatura y humedad relativa dentro y fuera de la nave
- Densidad de animales
- Características de los bebederos

4.2.- OBJETIVOS

Los objetivos de todos los procesos de la producción avícola necesitan el control de las diferentes partes que la componen, mediante sistemas de monitorización que permitan tomar decisiones oportunas para asegurar el bienestar de los animales y la calidad de las canales resultantes.

El precio y la disponibilidad de las materias primas son decisivos a la hora de escoger un material para la yacija, pero es necesario también evaluar el coste/beneficio en términos de calidad final en el matadero.

Este primer capítulo tratará de analizar la influencia del tipo de cama empleada sobre los resultados finales de producción para determinar cuál es el material más adecuado en relación con los objetivos de producción.

Teniendo en cuenta lo anterior se plantea la conveniencia de determinar, en las condiciones reales de la producción avícola gallega, si el material empleado en la yacija influye en los diferentes parámetros productivos y de calidad final de las canales de broilers, de manera que los resultados puedan ser útiles en la toma de decisiones para la mejora de los resultados de futuras manadas.

Por todo ello se plantean los siguientes objetivos:

1. Evaluar la posible influencia de diferentes tipos de material de cama sobre los parámetros productivos de los broilers que se críen sobre ellos.
2. Estudiar las posibles repercusiones a nivel de la calidad de la canal que conlleva el empleo de camas de viruta, cascarilla y *dry bed* durante la fase de cebo de los animales.

4.3. MATERIAL Y MÉTODOS

4.3.1.- Núcleos avícolas

Las pruebas se realizan en los núcleos avícolas propiedad de la cooperativa, para minimizar al máximo las variables externas. En todas las granjas los programas de temperatura, humedad relativa, luz, ventilación y el manejo de los animales están estandarizados. De esta manera, los lotes de pollos monitorizados presentaron condiciones similares de estatus biosanitario, manejo, programas de alimentación y parámetros ambientales.

El objetivo de la producción en estos núcleos es optimizar la genética y la nutrición, consiguiendo la mayor productividad posible sin perder de vista el bienestar animal ni la calidad del producto final.

La identificación de núcleos avícolas en los que se llevaron a cabo los ensayos correspondientes a este capítulo fue:

- *Altapedra* (COOP. Altapedra S.C.G.)
- *Cortegada* (COOP. Altapedra S.G.C.)
- *A Piuca* (COOP. Agroganadera de A Piuca S.C.G.)
- *Moreiras* (COOP. Agroganadera de A Piuca S.C.G.)
- *Ponterio* (A Ponte S. COOP.LTDA.)
- *Xironda* (Agroganadera de Seoane S.L.)

Para evaluar el estatus de bioseguridad inicial de los núcleos se realizó en cada uno de ellos la encuesta *Scoring biosecurity in european conventional broiler production*, elaborada por la Universidad de Gante en colaboración con diferentes empresas en varios países europeos. Esta encuesta permitió conocer el cumplimiento de las recomendaciones acerca de la bioseguridad global y compararlo con una amplia base de datos, identificando los puntos fuertes y débiles en cada uno de los procedimientos de la producción avícola (Tabla 13).

Tabla 13. *Scoring biosecurity in european conventional broiler production* de los diferentes núcleos avícolas (año 2016)

A, B. Información personal y características de la granja							
Nombre		Alta Pedra SC	A Ponte SC	Cortegada	Piuca	Piuca 2 (Moreiras)	Xironda
Provincia		Ourense	Ourense	Ourense	Ourense	Ourense	Ourense
Otra granja		SI	NO	SI	NO	NO	NO
Número de pollos		300.000	300.000	280.000	300.000	185.000	190.000
Años de experiencia		17	11	10	21	12	12
Nº de trabajadores		3	4	4	3	2	2
PUNTUACIÓN OBTENIDA (%)	MEDIA ESTABLECIDA						
C. Adquisición de pollitos de 1 día	63	75	85	68	90	38	93
D. Salida de animales vivos	57	37	37	37	33	37	37
E. Suministro de alimentación y agua	48	75	75	75	75	75	75
F. Eliminación de estiércol y animales muertos	66	74	80	68	76	68	68
G. Entrada de visitantes y personal	79	68	68	68	80	68	68
H. Suministro de materiales	42	56	56	56	56	56	56
I. Infraestructuras y vectores biológicos	79	95	85	80	95	83	85
J. Situación de la granja	73	52	63	41	81	70	89
TOTAL BIOSEGURIDAD EXTERNA	65	67	68	62	73	62	70
K. Manejo de enfermedades	81	71	81	74	84	84	74
L. Limpieza y desinfección	67	85	85	78	74	78	85
M. Material y medidas entre compartimentos	67	76	76	76	76	76	53
TOTAL BIOSEGURIDAD INTERNA	72	78	82	76	78	80	74
BISEGURIDAD TOTAL	67	70	72	66	74	67	71

En los núcleos objeto de esta tesis, todos tuvieron una puntuación similar, y por encima de la media general. A raíz de estas encuestas se estableció un plan de incremento de bioseguridad con restricción total de entradas de visitantes y establecimiento de zonas limpias y sucias en

cada una de las naves, para reducir también el riesgo de zoonosis. En la actualidad, la puntuación en cuanto a su bioseguridad es significativamente superior a la inicial.

Todos los núcleos disponen de depósitos de agua, grupos electrógenos con capacidad suficiente para asegurar el suministro de energía eléctrica en caso de emergencia, y de sistemas de iluminación con tubos fluorescentes de 36 W de luz blanca regulable en intensidad.

En todos ellos, cada nave cuenta con un pequeño almacén adyacente localizado en la entrada de unos 15 m², en donde se encuentra el equipo de filtrado del agua de bebida, el dosificador de la medicación, el ordenador de control, un sistema de alarma y el sistema de humidificación.

El almacenamiento del pienso se lleva en silos situados en la parte delantera exterior de las naves. Todas las naves disponen de dos silos de pienso con una capacidad de 10 y 16 Tm, excepto en los núcleos *Moreiras* y *A Piuca*, que debido a la mayor longitud de estas poseen cuatro silos por nave, dos en la parte anterior y dos en la posterior.

Además, cada nave cuenta con cuatro líneas de comederos de plato que se accionan automáticamente y cinco líneas de bebederos de tetina con su correspondiente recuperador, suspendidas del techo y dispuestas longitudinalmente en alternancia con las líneas de comederos.

El bebedero de tetina con recuperador es el mejor para reducir la humedad de la cama. Diversos estudios lo asocian con una disminución en la aparición de pododermatitis (Ekstrand y Algers, 1997; Van Harn et al., 2009). Su altura se va regulando manualmente en función del crecimiento de los animales.

La ventilación de los diferentes núcleos es forzada, con depresión, y varía entre lateral, túnel y mixta (Tabla 14).

Tabla 14. Resumen de características que afectan al estado de la yacija en los núcleos avícolas

Núcleo	<i>Altapedra</i>	<i>Cortegada</i>	<i>Piuca</i>	<i>Moreiras</i>	<i>Ponterio</i>	<i>Xironda</i>
Bebedero	cazoleta	cazoleta	cazoleta	cazoleta	cazoleta	cazoleta
Ventilación	mixta	mixta	mixta túnel	lateral	mixta	lateral
Calefacción	campanas gas	campanas gas	campanas propano	campanas propano	campanas propano y aeroterms	campanas propano y calderas de biomasa

4.3.1.1.- Núcleo avícola *Altapedra*

Altapedra es una granja destinada a la producción de pollo de engorde situada en el municipio de Sarreaus, provincia de Ourense (Figura 46).

Dispone de diez naves de ambiente controlado con una capacidad total de 300.000 pollos. Se realizan 5,5 crianzas por año, con una media de 280.000 pollos/crianza, lo que corresponde a un total de 1.540.000 pollos/año. El núcleo es atendido por 3 operarios a jornada completa y un operario a media jornada, lo que se corresponde con 440.000 pollos/operario/año.

La capacidad de las naves es de 30.000 pollos, con densidades de población en torno a los 15-15,1 pollos/m².



Figura 46. Vista aérea del núcleo avícola *Altapedra*

En cuanto a las dimensiones de las naves, todas poseen 17 m de ancho y 110 m de largo (Figura 47).

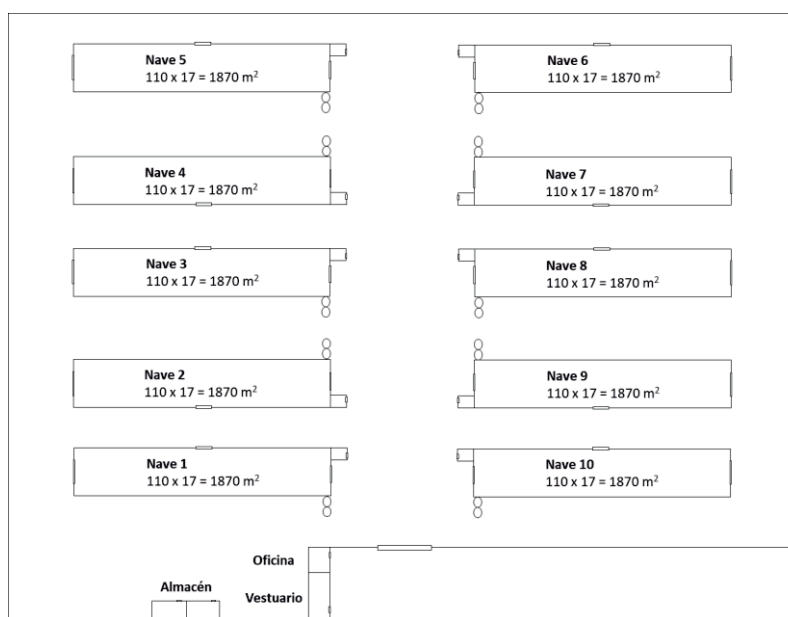


Figura 47. Distribución y dimensiones de las naves del núcleo avícola *Altapedra*

Todos los ventiladores de las naves de este núcleo disponen de autotransformadores que permiten regular el caudal de ventilación en función de las necesidades requeridas (20.000, 30.000 o 40.000 m³/h). Las naves 1 a 5 permiten combinar la ventilación lateral en invierno y túnel en verano, cuando las temperaturas exteriores son muy elevadas. Las naves 6 a 10 tienen ventilación lateral (Tabla 15)

Tabla 15. Descripción de los sistemas de ventilación de las naves del núcleo avícola *Altapedra*

Nave	1, 3, 5	2, 4	6, 8	7, 9 10
Tipo ventilación	lateral x túnel	lateral x túnel	lateral	lateral
Nº ventiladores lateral	5	5	10	10
Caudal lateral total (m³/h)	200.000	200.000	400.000	400.000
Nº ventiladores túnel	8	8	-	-
Caudal túnel total (m³/h)	320.000	320.000	-	-
Caudal total (m³/h)	520.000	520.000	400.000	400.000
Tipo de entrada de aire	trampillas	trampillas	ventana corrida abatible	ventana corrida abatible
Localización entradas de aire	lateral izquierdo + túnel	lateral derecho + túnel	lateral derecho	lateral izquierdo
Nº entradas de aire	36	36	2 ventanas	2 ventanas

El sistema de calefacción presente en las 10 naves se basa en campanas de gas natural con una potencia calorífica de 6.000 kcal/h (pantallas Infraconic Pilot 6000®).

El agua empleada en este núcleo procede de cuatro pozos y pasa previamente por un complejo de depuración y decantación del agua (Figura 48).



Figura 48. Sistema de depuración de los núcleos avícolas *Altapedra* y *Cortegada*

4.3.1.2.- Núcleo avícola *Cortegada*

Cortegada está situada muy cerca de *Altapedra*, en el municipio de Sarreaus (Figura 49). Tiene las mismas características en cuanto a dimensiones y sistemas de comederos y bebederos que *Altapedra*.



Figura 49. Vista aérea del núcleo avícola *Cortegada*

Dispone de un total de diez naves de ambiente controlado con una capacidad total de 300.000 pollos. Se realizan 5,5 crianzas por año, con una media de 280.000 pollos/crianza, lo que corresponde a un total de 1.540.000 pollos/año. El núcleo es atendido por 4 operarios, lo que se corresponde con 385.000 pollos/operario/año.

La capacidad de las naves es de 30.000 pollos, con densidades de población en torno a los 15-15,1 pollos/m². Todas las naves tienen 17 m de ancho y 110 m de largo (Figura 50).

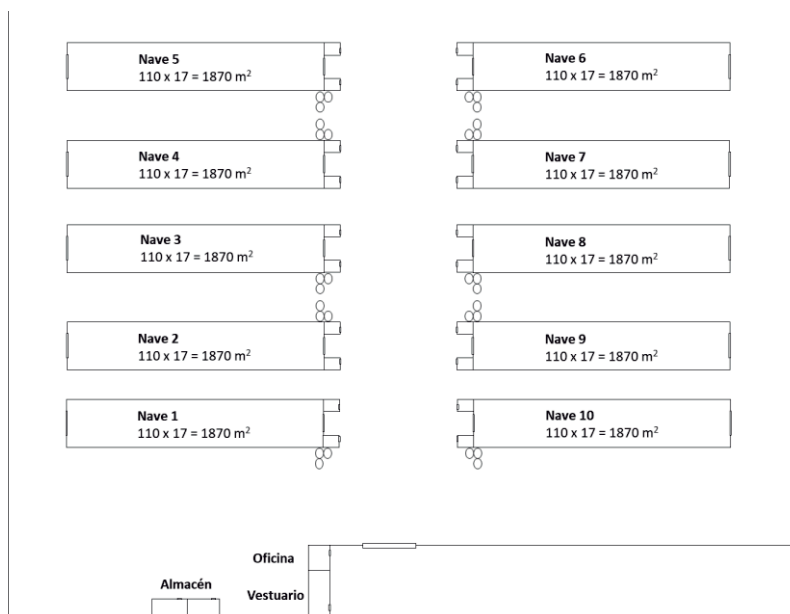


Figura 50. Distribución y dimensiones de las naves del núcleo avícola *Cortegada*

Al igual que en el núcleo *Altapedra*, las naves 1 a 5 poseen ventilación lateral x túnel y las naves 6 a 10 poseen ventilación lateral. Todos los ventiladores de las naves de este núcleo disponen de autotransformadores (Tabla 16).

Tabla 16. Descripción de los sistemas de ventilación de las naves del núcleo avícola *Cortegada*

Nave	1, 3, 5	2, 4	6, 8	7, 9 10
Tipo ventilación	lateral x túnel	lateral x túnel	lateral	lateral
Nº ventiladores lateral	5	5	10	10
Caudal lateral total (m ³ /h)	200.000	200.000	400.000	400.000
Nº ventiladores túnel	8	8	-	-
Caudal túnel total (m ³ /h)	320.000	320.000	-	-
Caudal total (m ³ /h)	520.000	520.000	400.000	400.000
Tipo de entrada de aire	trampillas	trampillas	ventana corrida abatible	ventana corrida abatible
Localización entradas aire	lateral izquierdo + túnel	lateral derecho + túnel	lateral derecho	lateral izquierdo
Nº entradas de aire	36	36	2 ventanas	2 ventanas

El sistema de calefacción presente en las 10 naves se basa en campanas de gas natural que proviene de traída y cada nave dispone de 30 campanas de 6.000 kcal/h (pantallas Infraconic Pilot 6000®). El agua empleada en esta granja procede de los mismos pozos de los que se extrae el agua para la granja *Altapedra*, es decir, del mismo complejo de depuración y decantación de agua.

4.3.1.3.- Núcleo avícola *A Piuca*

A Piuca es una granja avícola situada en Maceda, provincia de Ourense (Figura 51). La granja dispone de un total de ocho naves de ambiente controlado con una capacidad total de 300.000 pollos.



Figura 51. Vista aérea del núcleo avícola *A Piuca*

Se realizan 5,5 crianzas por año, con una media de 265.000 pollos/crianza, lo que corresponde a un total de 1.460.000 pollos/año. El núcleo es atendido por 3,5 operarios, con una media de 417.000 pollos/operario/año. La capacidad de las naves oscila entre los 30.000-40.000 pollos, con densidades de población en torno a los 15 pollos/m². Todas presentan 17 m de ancho y su longitud oscila entre los 100-140 m (Figura 52).

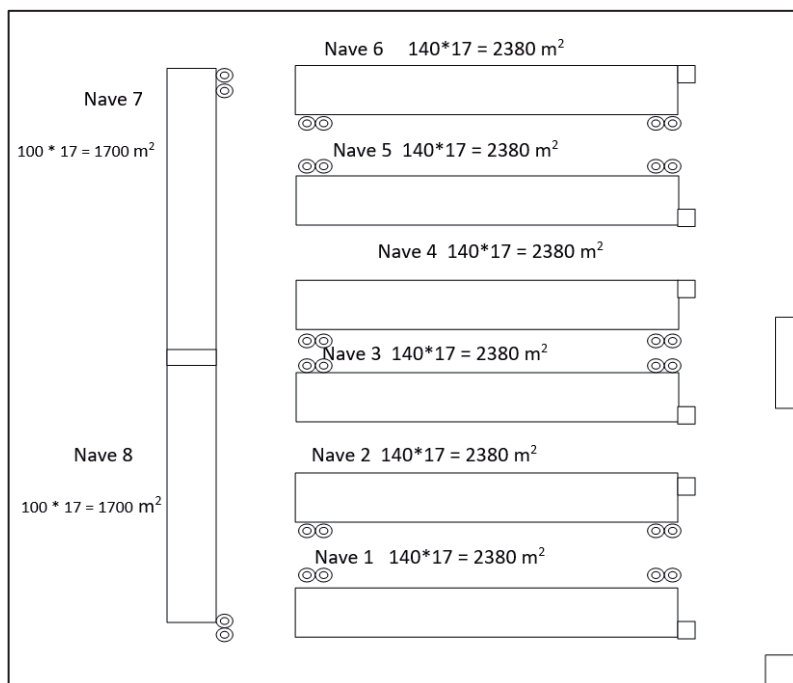


Figura 52. Distribución y dimensiones de las naves del núcleo avícola *A Piuca*

Este núcleo cuenta con naves con distintos tipos de ventilación: cenital, lateral y lateral x túnel. Las naves 1, 2 y 3 presentan ventilación cenital mediante extracción de aire por ventiladores situados en el techo de las naves. Las naves 4, 5 y 6 poseen ventilación lateral x túnel, y las naves 7 y 8 ventilación lateral (Tabla 17)

Tabla 17. Descripción de los sistemas de ventilación de las naves del núcleo avícola *A Piuca*

Nave	1, 2, 3	4, 5	6	7
Tipo ventilación	cenital	lateral x túnel	lateral x túnel	lateral
Nº ventiladores cenital	27	-	-	-
Caudal cenital total (m ³ /h)	405.000	-	-	-
Nº ventiladores lateral	-	10	7	9
Caudal lateral total (m ³ /h)	-	200.000	280.000	360.000
Nº ventiladores túnel	-	14	16	-
Caudal túnel total (m ³ /h)	-	560.000	640.000	-
Caudal total (m ³ /h)	405.000	760.000	920.000	360.000

Tabla 17. Descripción de los sistemas de ventilación de las naves del núcleo avícola *A Piuca* (continuación)

Nave	1, 2, 3	4, 5	6	7
Tipo de entrada de aire	ventanas	trampillas	trampillas	Ventana corrida abatible
Localización entradas aire	ambos lados	ambos lados + túnel	lateral izquierdo + túnel	lateral izquierdo
Nº entradas de aire	108	69	65	2

El sistema de calefacción de las 8 naves consiste en campanas de propano con una potencia calorífica de 6.000 kcal/h (pantallas Infraconic Pilot 6000®).

El agua empleada procede de cinco pozos con profundidades que oscilan entre los 100-120 m. En el almacén central de la granja hay un depósito de 100.000 litros desde el cual se distribuye el agua a las distintas naves, y cuenta con un sistema que permite aplicar los tratamientos al agua en función de las necesidades de higienización.

4.3.1.4.- Núcleo avícola *Moreiras*

Moreiras está situado en el municipio de Xinzo de Limia, provincia de Ourense (Figura 53). La granja dispone de un total de cinco naves de ambiente controlado con una capacidad total de 190.000 pollos. Se realizan 5,5 crianzas por año, con una media de 188.000 pollos/crianza, lo que corresponde a un total de 1.034.000 pollos/año. El núcleo es atendido por 3 operarios, lo que supone 344.667 pollos/operario/año.

Figura 53. Vista aérea del núcleo avícola *Moreiras*

La capacidad de las naves oscila entre los 32.000-37.200 pollos, con densidades de población en torno a los 15-15,1 pollos/m². Las naves 1-4 presentan 17 m de ancho y 160 m de largo y la nave 5 tiene 12 m de ancho y 150 m de largo (Figura 54).

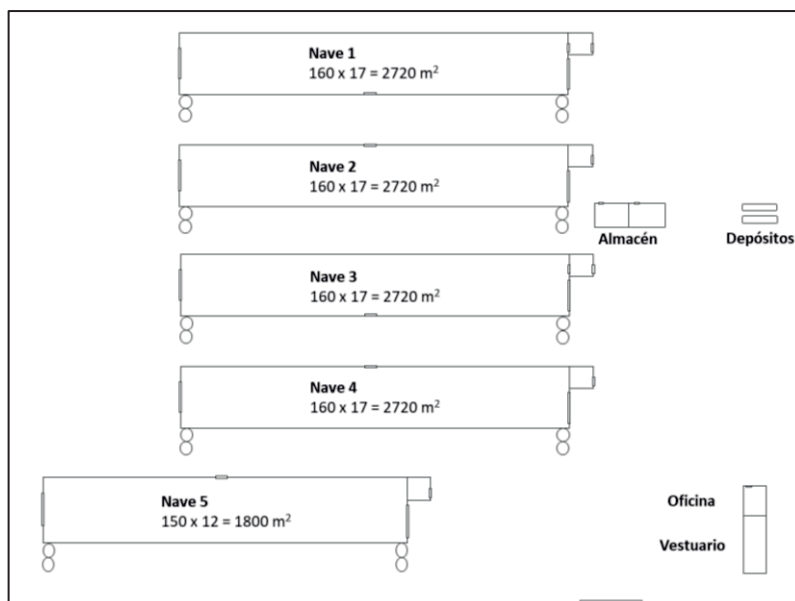


Figura 54. Distribución y dimensiones de las naves del núcleo avícola *Moreiras*

Las cinco naves de este núcleo presentan sistemas de ventilación forzada lateral (Tabla 18). El sistema de calefacción de las 5 naves se basa en campanas de propano con una potencia calorífica de 6.000 kcal/h (pantallas Infraconic Pilot 6000®).

Tabla 18. Descripción de los sistemas de ventilación de las naves del núcleo avícola *Moreiras*

Nave	1, 2, 3,4	5
Tipo ventilación	Lateral	Lateral
Nº ventiladores lateral	15 (40.000 m³/h)	11 (25.000 m³/h) 19 (12.000 m³/h)
Caudal lateral total (m³/h)	600.000	503.000
Localización entradas de aire	Izquierda	Izquierda
Tipo entrada de aire	Ventana corrida abatible	Lona

4.3.1.5.- Núcleo avícola *Ponterio*

Ponterio está situada en el municipio de Maceda, provincia de Ourense (Figura 55). Realiza 5,5 crianzas/año, con una media de 255.000 pollos/crianza, lo que corresponde a un total de 1.375.000 pollos/año. El núcleo es atendido por 4 operarios, lo que supone 350.625 pollos/operario/año. La granja está constituida por cinco edificaciones dispuestas en paralelo y de forma escalonada, debido a la inclinación que presenta el terreno, divididas por la mitad en dos naves mediante un tabique central.

En la parte izquierda del recinto, otra edificación corresponde al almacén central, en el cual se almacena la maquinaria agrícola, un depósito de agua de 100.000 litros desde el cual se bombea el agua a las distintas naves y el grupo electrógeno. Al fondo de la finca, en la parte central, se encuentra otra edificación que alberga la caldera que se emplea como sistema de calefacción para las naves 9 y 10. Al lado de esta sala hay un silo de 16 Tm en el cual se almacena el combustible (pellets, orujillo o huesos).



Figura 55. Vista aérea del núcleo avícola *Ponterio*

Cuenta con un total de diez naves de ambiente controlado con unas dimensiones de 17 x 100 m cada una y una capacidad de 300.000 pollos (Figura 56). Cada nave acoge entre 23.000-30.000 pollos para su crianza con densidades de población en torno a los 15-15,1 pollos/m².

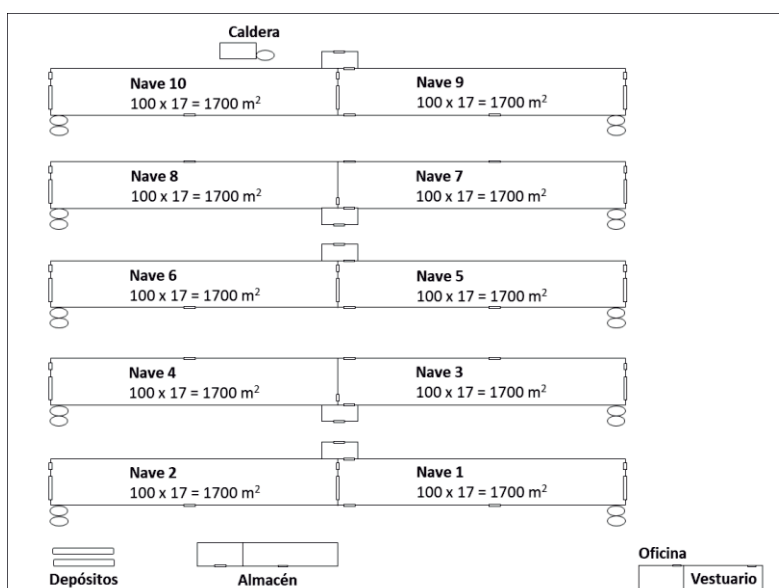


Figura 56. Distribución y dimensiones de las naves del núcleo avícola *Ponterio*

Las naves 3,4 y 9 permiten combinar la ventilación lateral y el túnel si las temperaturas exteriores son muy elevadas. Las restantes poseen ventilación lateral (Tabla 19). Todos los ventiladores tienen autotransformadores para regular el caudal de extracción. El sistema de calefacción presente en las naves 1-8 se basa en campanas de propano con una potencia calorífica de 6.000 kcal/h (pantallas Infraconic Pilot 6000[®]). Las naves 9 y 10, además de las campanas de propano, disponen de 5 aerotermos (TEC CV 75/75F[®]) de 7.500 m³/h) distribuidos longitudinalmente por la parte interior central de las naves.

Tabla 19. Descripción de los sistemas de ventilación de las naves del núcleo avícola *Ponterio*

Nave	1, 5, 7,8	2, 6, 10	3, 9	4
Tipo ventilación	lateral	lateral	lateral x túnel	lateral x túnel
Nº ventiladores lateral	9	9	5	5
Caudal lateral total (m ³ /h)	360.000	360.000	200.000	200.000
Nº ventiladores túnel	-	-	8	8
Caudal túnel total (m ³ /h)	-	-	320.000	320.000
Caudal total (m ³ /h)	360.000	360.000	520.000	520.000
Localización entradas aire	izquierda	derecha	derecha	izquierda
Tipo de entrada de aire	ventana corrida abatible	ventana corrida abatible	trampillas	trampillas

4.3.1.6.- Núcleo avícola *Xironda*

Xironda es una granja situada en el municipio de Cualedro, provincia de Ourense (Figura 58). La granja tiene ocho naves de ambiente controlado con una capacidad total de 200.000 pollos. Se realizan 5,5 crianzas por año, con una media de 182.000 pollos/crianza, lo que supone un total de 1.001.000 pollos/año. El núcleo es atendido por 2,5 operarios, lo que se corresponde con 400.400 pollos/operario/año.

Figura 57. Vista aérea del núcleo avícola *Xironda*

La capacidad de las naves oscila entre los 18.000-35.000 pollos, con densidades de población en torno a los 15-15,1 pollos/m². Las dimensiones de las naves son: la 1 y 2 tienen 17 m de ancho y 120 m de largo y las naves 3-8 tienen una longitud de 110 m y una anchura de 12 m (Figura 58).

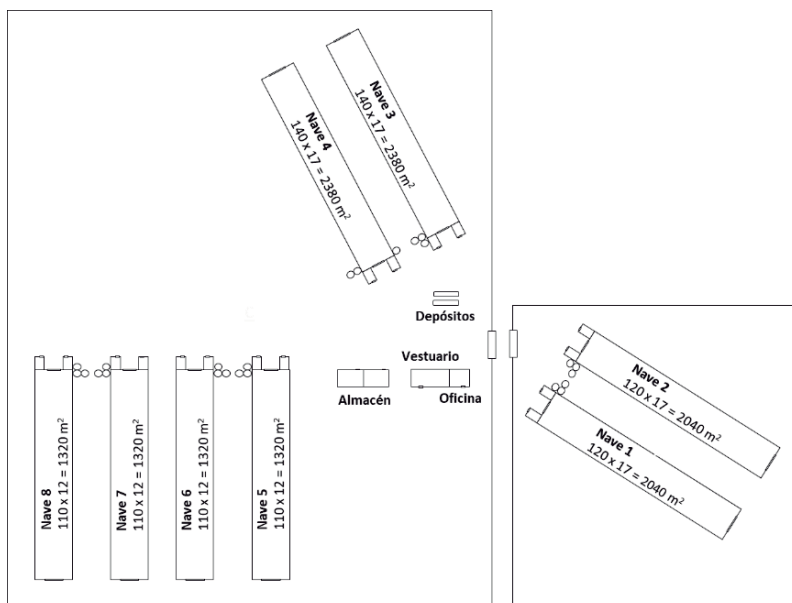


Figura 58. Distribución y dimensiones de las naves del núcleo avícola *Xironda*

Todas son de ventilación lateral, en las de menores dimensiones se combinan ventiladores de bajo caudal para hacer las mínimas y de mayor caudal para ventilar con temperaturas elevadas (Tabla 20)

Tabla 20. Descripción de los sistemas de ventilación de las naves del núcleo avícola *Xironda*

Nave	1	2	3, 6, 8	4,5, 7
Tipo ventilación	lateral	lateral	lateral	lateral
Nº ventiladores lateral	11 (40.000 m³/h)	11 (40.000 m³/h)	8 (20.000 m³/h) 8 (12.000 m³/h)	8 (20.000 m³/h) 8 (12.000 m³/h)
Caudal lateral total (m³/h)	440.000	440.000	256.000	256.000
Localización entradas de aire	izquierda	derecha	izquierda	derecha
Tipo entrada de aire	Ventana corrida abatible	Ventana corrida abatible	lona	lona

En este núcleo conviven dos sistemas de calefacción: campanas de propano y calderas de biomasa. Las campanas de propano poseen una potencia calorífica de 6.000 kcal/h (pantallas Infraconic Pilot 6000®) y cada nave tiene una cadera de biomasa con un silo para el almacenamiento del combustible (pellets, orujillo o hueso de aceituna).

El agua empleada en la granja procede de dos pozos de entre 100-120 m de profundidad. Al lado del almacén central de la granja existe un depósito de 120.000 litros desde el cual se distribuye el agua a las distintas naves.

4.3.2.- Sistemas de control ambiental

Todos los sistemas de control ambiental se encuentran conectados a las correspondientes sondas de temperatura interior (cuatro por nave), exterior (una por nave), de humedad relativa (una por nave en el interior) y a un depresiómetro (uno por nave) para poder efectuar la ventilación por presión negativa adecuada.

Se programan previamente los parámetros ambientales que se desean mantener durante la crianza, ajustados al peso, sexo de los pollos y necesidades mínimas de renovación de aire. *Moreiras* y *Piuca* disponen además de sondas de monóxido de carbono. Todos los ordenadores de control son de la misma marca y con el mismo programa, pero distintas versiones en función de su antigüedad (Figura 59).



Tuffigo® Laterostar 2+

Tuffigo® Avistar

Tuffigo® Avitouch

Figura 59. Diferentes sistemas de control ambiental instalados en los núcleos avícolas, de más antiguo a más evolucionado

4.3.3.- Materiales de cama empleados

El tipo de cama empleado en la crianza del pollo tiene efectos en el comportamiento y la fisiología de los pollos (Nowaczewski et al., 2011; Cabrera et al., 2018), y por lo tanto puede influir en el crecimiento, rendimiento, estado inmunitario y el bienestar animal (Shao et al., 2015; Umar et al., 2017).

El material empleado y su mantenimiento son claves a la hora de prevenir problemas de calidad en broilers. La incidencia de problemas varía en función de los materiales empleados, la humedad y el grado de apelmazamiento de estos (Bilgili et al., 2010).

Los materiales de cama seleccionados para este capítulo fueron viruta de madera, cascarilla de arroz y *dry bed*. El motivo de no utilizar paja picada es que varios estudios relacionan la paja picada con aumento de incidencia en pododermatitis y problemas de pechuga (Ekstrand y Algers, 1997; Su et al., 2000; Sirri et al., 2007; Kyvsgaard et al., 2013), y lo atribuyen probablemente a un mayor contenido de humedad inicial y a su forma de compactarse al absorber agua. Por lo tanto, este material resulta poco recomendable para nuestros estándares de calidad, así que trataremos de comparar materiales con similares características o con pocos estudios previos, como es el caso del *dry bed*.

Los materiales de cama estudiados se analizaron en el laboratorio Labgalia (San Cibrao das Viñas, Ourense) para determinar su humedad y microbiología (Tabla 21).

Tabla 21. Análisis de los materiales de cama estudiados

Material cama	Humedad	Aerobios totales	Enterobacterias	Salmonella
Cascarilla	9,50	10 ⁶	10 ⁵	ausencia
Viruta	9,46	5,4 x 10 ⁵	12 x 10 ³	ausencia
<i>Dry bed</i>	7,19	4 x 10 ⁴	20	ausencia

Los resultados confirman la teoría de una menor carga microbiana en la paja peletizada, debido seguramente a su tratamiento térmico, siendo los contenidos de humedad iniciales similares para los tres materiales.

4.3.3.1.- Viruta de madera

Este material de cama se obtiene por el proceso de cepillado, desbastado o perforación de la madera en aserraderos, fábricas de muebles, etc. Las distintas investigaciones lo consideran como uno de los mejores materiales de cama por su elevada capacidad de absorción (86 g/l sustrato; MAPA, 2021b), y por ser un buen aislante térmico y tener poco polvo. Puede en ocasiones tener elementos punzantes que generen heridas, o finos aportados por la propia madera.

La viruta de madera como material de cama (Figura 60) se distribuye a razón de 4,5 kg/m².



Figura 60. Viruta de madera

Es necesario controlar su origen para evitar que tenga sustancias tóxicas procedentes de los tratamientos con barnices, conservantes, etc. y es un bien escaso, por lo que su coste no deja de incrementarse.

Por otra parte, al servirse a granel, supone más trabajo a la hora de distribuirla y hacer la reposición.

Las partículas que forman la viruta empleada oscilan entre 6 y 35 mm aproximadamente, sin partículas cortantes.

4.3.3.2.- Cascarilla de arroz

La cascarilla se distribuye a razón de 3,5 kg/m², siendo el tamaño medio de partícula de la cascarilla de 6 mm.

Como ventajas destaca su elevada capacidad de absorción (71 g/l sustrato; MAPA, 2021b), que es un buen aislante térmico y que no forma costras como la paja, por lo que la cama se remueve con facilidad. No contiene elementos hirientes y tiene buen drenaje y aireación.

Al suministrarse en pacas de 400 kg, es sencillo su manejo tanto para la distribución como para la reposición. El coste además suele ser inferior al de la viruta y el *dry bed*.

Como inconvenientes, su disponibilidad está sujeta a las cosechas, los portes son más caros al venir desde el sur, y las aves jóvenes tienden a consumirla por su contenido en granos partidos.

Es el subproducto de las arroceras de Levante y el sur de España (Figura 61).



Figura 61. Cascarilla de arroz

4.3.3.3.- *Dry bed*

Este producto se elabora a partir de paja de trigo y de cebada, tratadas térmicamente, a las que se les añade un 0,5 % de hidróxido sódico para higienizarla y finalmente se peletiza. Se distribuye a razón de 4 kg/m² (Figura 62).

Como ventajas posee mayor capacidad de absorción que la viruta, (PITESA, 2020) y sobre todo menor contaminación microbiológica al ser un producto tratado térmicamente, con lo que está exento de Salmonella. Es también un producto homogéneo, lo que facilita el manejo. Como desventajas, el manejo de las sacas puede ser más dificultoso debido a su elevado peso (900 kg), tiene más tiempo de mantenimiento diario y sobre todo un precio elevado.



Figura 62. *Dry bed*

El pellet de *dry bed* se presenta con un diámetro de 10 mm y una longitud que oscila entre los 5 y los 20 mm.

4.3.4.- Descripción del ensayo

La prueba se realizó en los núcleos de avicultura anteriormente descritos entre los meses de septiembre de 2015 y mayo de 2016. Se minimizó así el impacto de la estacionalidad y se redujeron influencias externas al ser todos los núcleos de ventilación forzada, de características similares y parecida unidad de carga ganadera, programación ambiental y manejo.

Los proveedores de material para la cama fueron para la viruta las entidades Mosquera Villavidal SA y Visecorsa, para el *dry bed* la distribuidora Pitesa y para la cascarilla de arroz las empresas Herba Rice Mills y Novarroz S.A.

La viruta se distribuyó a granel, en camiones basculantes. La cascarilla se repartió empacada en pacas de 400 kg aproximadamente cada una, y el *dry bed* en sacas grandes de 900 kg. La cantidad inicial de materia de cama fue siempre la misma en cada crianza, y se repuso con el mismo material cuando se consideró necesario (compactaciones, fugas de agua, pérdida de bebederos, etc.).

Se analizaron datos al final de cada crianza, a lo largo de varios ciclos. Los parámetros productivos que se evaluaron fueron los siguientes:

- Mortalidad: porcentaje total de animales muertos a lo largo de todo el periodo de cebo, incluyendo los correspondientes al triaje.

$$\text{Mortalidad (\%)} = \frac{\text{nº de animales muertos} \times 100}{\text{nº de animales que iniciaron el cebo}}$$

- Índice de conversión (IC): valor que indica la eficacia con la que el animal es capaz de transformar el alimento que ingiere en masa corporal (carne)

$$\text{IC (kg/kg)} = \frac{\text{total kg de pienso consumido}}{\text{total kg de carne entregados}}$$

- Ganancia media diaria (GMD): se puede calcular por semanas o días. En el caso de los broilers no se suele deducir el peso inicial del animal, que se sitúa en torno a los 40 g.

$$\text{GMD (g/día)} = \frac{\text{peso medio final}}{\text{total días crianza}}$$

- Factor de eficiencia productiva europeo (EPEF): parámetro que expresa de forma conjunta los parámetros peso medio, índice de conversión y mortalidad.

$$\text{EPEF} = \frac{(100 - \text{mortalidad (\%)}) \times \text{peso vivo (kg)} \times 100}{\text{edad sacrificio (d)} \times \text{IC}}$$

Posteriormente, en matadero se realizó el control de calidad de las canales, siguiendo el procedimiento rutinario y estandarizado, por parte de personal especializado. Se evaluaron 215 aves de cada camión que entra a procesar. Este control de calidad se realizó en cada línea de sacrificio.

Los datos objeto de análisis fueron la incidencia de los siguientes defectos en las canales:

- Canales de segunda totales: canales con lesiones evidentes como hematomas de más de 3 mm, fracturas, dermatitis, tendinitis, etc.
- Desigualdad: se traza una línea superior e inferior en relación con el tamaño esperado para cada uno de los lotes, y se mide el porcentaje total de los animales que no entran en ese rango.
- Arañado: en zona dorsal.

- Pododermatitis: desde pequeñas descamaciones hasta ulceraciones en las almohadillas plantares.
- Dermatitis en pechuga: dermatitis por contacto debido al contacto con la cama durante la crianza, y localizada en la zona de la pechuga, cuya lesión va desde una inflamación moderada hasta profundas ulceraciones.

En el matadero, tanto la descripción como la cuantificación de las alteraciones en la calidad de la canal tienen un componente subjetivo marcado por el criterio del departamento de calidad y por los operarios que realizan el control de datos en la línea de sacrificio. La fiabilidad del estudio se basa en que esta subjetividad se mantiene de forma constante y en el número de réplicas que permite un análisis a nivel de planta industrial.

4.3.4.1.- Distribución de los lotes experimentales

Los lotes con los que se trabajó son de la estirpe *Ross 308*. La calidad de los animales se evaluó mediante el sistema *Pasgar Score*, con una puntuación media de 9,70 puntos (datos propios), lo que corresponde a un pollito de muy buena calidad (Lohman, 2020). La mortalidad media de los pollitos a 7 días de vida de los núcleos incluidos en el estudio fue de 0,301 % para los machos y 0,187 % para las hembras (datos propios). La mortalidad final es objeto de estudio.

Las densidades de cría (Tabla 22) difieren en función del sexo de los broilers de manera que se ajustan a normativa y en ningún caso superan los 39 kg/m² al final del ciclo. Así, las hembras se alojan a razón de 16,9 aves/m² y los machos a 13,6 aves/m². El cebo de los machos se prolonga dos días más que en el caso de las hembras, saliendo con un peso medio que casi alcanza los 3,300 kg, en tanto que las hembras promedian 2,570 kg al final de ciclo.

Tabla 22. Densidad y días de cebo y peso final de los lotes experimentales

Sexo	Densidad de cebo (aves/m ²)	Días de cebo (días)	Peso final (g)
♂	13,6	45,5	3.278
♀	16,9	43,3	2.571

El programa de alimentación no es diferenciado por sexos, por lo que todos los animales reciben cuatro tipos de piensos a lo largo del cebo con una formulación y presentación adaptada a cada fase de crecimiento de las aves, siguiendo un mismo programa de control de la coccidiosis:

1. Pienso de *iniciación*: hasta los 8/10 días de edad, con una presentación en micropellet. Es el pienso con mayor contenido proteico para cubrir la demanda de la función estructural de los tejidos en formación.
2. Pienso de *desarrollo*: hasta los 19/20 días de edad, con una presentación en miga gruesa. Disminuye la proteína y se incrementa la grasa y la fibra. En este pienso comienza la incorporación de trigo entero, para estimular el desarrollo de la molleja.
3. Pienso de *crecimiento*: hasta 5 días antes de la salida, con una presentación en pellets. Elevada energía, se incrementa el porcentaje de trigo entero.
4. Pienso *finalizador*: desde 5 días antes de la salida hasta el final, también peletizado y sin coccidiostatos.

Se estudió la influencia del tipo de cama, así como de la combinación tipo de cama-sexo sobre los siguientes parámetros:

- Parámetros productivos: mortalidad, índice de conversión, ganancia media diaria y factor de eficiencia europeo.

- Calidad de la canal: canales de segunda, desigualdad, arañado, pododermatitis y dermatitis en pechuga.

Se incluyeron en el estudio los lotes de cebo de broilers sacrificados en el periodo comprendido entre septiembre de 2015 y mayo de 2016 y criados en los siguientes núcleos avícolas: *Altapedra*, *Cortegada*, *A Piuca*, *Moreiras*, *Ponterio* y *Xironda*. Se eliminaron los datos correspondientes a los lotes de broilers cebados en los núcleos avícolas anteriormente citados en los que la cama era desconocida o diferente de viruta, cascarilla o *dry bed*, así como los que mezclaron materiales.

Teniendo en cuenta estas apreciaciones, se incluyeron en el estudio un total de 159 lotes, correspondiéndose 36 lotes con aves criadas sobre cama de viruta, 86 lotes con el empleo de cama de cascarilla de arroz, y los restantes 37 lotes utilizaron cama de *dry bed*. Los machos constituyeron un total de 79 lotes, mientras que 80 lotes eran hembras (Tabla 23).

Tabla 23. Distribución de los lotes experimentales de broilers (br.)

Núcleo avícola	Sexo	Cama viruta	Cama cascarilla	Cama <i>dry bed</i>	Total
Altapedra	♂	1 lote 19.287 br.	7 lotes 138.079 br.	6 lotes 118.720 br.	14 lotes 276.086 br.
	♀	3 lotes 58.226 br.	6 lotes 127.667 br.	4 lotes 92.756 br.	13 lotes 278.649 br.
Cortegada	♂	5 lotes 96.895 br.	13 lotes 267.182 br.	2 lotes 40.591 br.	20 lotes 404.668 br.
	♀	8 lotes 186.680 br.	9 lotes 201.812 br.	2 lotes 37.512 br.	19 lotes 426.004 br.
A Piuca	♂	-	11 lotes 267.903 br.	4 lotes 99.890 br.	15 lotes 367.793 br.
	♀	-	15 lotes 419.471 br.	1 lote 31.936 br.	16 lotes 451.407 br.
Moreiras	♂	5 lotes 140.315 br.	3 lotes 82.848 br.	-	8 lotes 223.163 br.
	♀	2 lotes 75.690 br.	5 lotes 144.290 br.	-	7 lotes 219.980 br.
Ponterio	♂	1 lote 17.806 br.	6 lotes 100.536 br.	8 lotes 134.926 br.	15 lotes 253.268 br.
	♀	3 lotes 66.798 br.	3 lotes 66.940 br.	8 lotes 148.019 br.	14 lotes 281.757 br.
Xironda	♂	1 lote 14.206 br.	6 lotes 75.000 br.	-	7 lotes 89.206 br.
	♀	7 lotes 150.570 br.	2 lotes 36.642 br.	2 lotes 25.812 br.	11 lotes 213.024 br.
Total sexos	♂	13 lotes 288.509 br.	46 lotes 931.548 br.	20 lotes 394.127 br.	79 lotes 1.614.184 br.
	♀	23 lotes 537.964 br.	40 lotes 996.822 br.	17 lotes 336.035 br.	80 lotes 1.870.821 br.
Total		36 lotes 826.473 br.	86 lotes 1.928.370 br.	37 lotes 730.162 br.	159 lotes 3.485.005 br.

Los parámetros productivos y de calidad de la canal estudiados se corresponden con los obtenidos al final del ciclo de cebo de estas aves, descartándose los correspondientes a los lotes que se retiraron parcialmente a menor edad y peso para ser destinados a pollo tipo *asador*.

4.3.4.2.- Análisis estadístico

La precisión del análisis estadístico se basa en datos productivos de granjas muy similares entre sí, y con un mayor número de réplicas que si se realizara en una granja experimental. El hecho de trabajar con condiciones reales de explotación supone un abordaje mucho más práctico a la hora de evaluar una estrategia de manejo del broiler para mejorar su bienestar.

A fin de determinar la presencia o ausencia de diferencias significativas entre lotes de pollos, empleando como factor fijo el efecto del tipo de cama y como variables dependientes los parámetros productivos y de calidad de la canal, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y un test Duncan de comparaciones múltiples, con un nivel de significancia $p < 0,05$.

Todos los resultados se analizaron mediante el programa SPSS 23.0 para Windows (IBM Corporation®, NY).

Con el objetivo de analizar el efecto del sexo y el tipo de cama de los diferentes lotes sobre los parámetros productivos y la calidad de la canal, se realizó un análisis de homogeneidad de Levene. Tras comprobar la homogeneidad de varianzas se aplicó un análisis tipo Modelo Lineal General Multivariante donde el sexo y el tipo de cama fueron los factores fijos, mientras que los parámetros productivos y de calidad de la canal fueron las variables dependientes.

4.4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores promedios de los parámetros productivos y de calidad de la canal obtenidos en el conjunto de los lotes estudiados se resumen en la Tabla 24.

Tabla 24. Media y desviación estándar de los parámetros de estudio

Parámetro de estudio	Valor
Mortalidad (%)	3,02±1,9
IC (kg/kg)	1,73±0,14
GMD (g/día)	65,48±7,26
EPEF	368,64±40,70
Canales de segunda (%)	20,65±2,67
Desigualdad (%)	9,89±2,50
Arañado (%)	24,41±7,27
Dermatitis pechuga (%)	0,11±0,58
Pododermatitis (%)	45,60±26,69

La media de canales arañadas (24,41 %) es similar al 22 % reportado por Gouveia et al. (2009) en animales criados en sistemas no intensivos, y mucho mayor que el 9,16 % referenciado por Pilecco et al. (2011). En el año 2015 la media de arañado se situó en el 21,8 % en el global de la cooperativa que estamos estudiando (Villaruel et al., 2018a), y se comprueba que este defecto de las canales aumenta en los lotes con mayor densidad, como los que se contemplan en la tesis. No obstante, para Pilecco et al. (2012) el 73 % de los arañazos son debidos al manejo en la captura, y sólo el 17 % achacable a las diferencias de manejo durante la crianza.

La pododermatitis observada en los lotes estudiados, un 45,6 %, fue ligeramente superior al 38 % reportado por Ekstrand y Algers (1997), pero mucho menor que el 64 % descrito por De Jong et al. (2011). Los estudios en los que se evalúa la presencia de pododermatitis muestran una gran variabilidad en cuanto a la incidencia y a la gravedad de las lesiones, con valores que van desde el 19 % reportado en el Reino Unido por Stamp et al. (2004), al 70 % obtenido en Francia por Allain et al. (2009). Pagazaurtundua y Warriss (2006) señalan una menor incidencia de la pododermatitis en sistemas de cría intensivos que en pollo criado a menores densidades, como el de corral o el ecológico.

Con datos obtenidos en esta misma cooperativa, la pododermatitis media observada en el total de granjas se situó en el 35,5 % durante el año 2015 (Villaruel et al., 2018a). Este valor, inferior al observado en la presente investigación, se debe a que los autores incluyeron en el estudio las granjas estáticas, y por tanto con menor densidad, y a que tuvieron en cuenta valores tanto de salidas parciales como finales. Asimismo, los datos de la presente tesis se tomaron entre septiembre y mayo, siendo los meses de verano los que menor incidencia presentan de camas húmedas, lo que reduciría el nivel de presentación de pododermatitis, coincidiendo con lo observado por Villaruel et al. (2018a), los cuales comprobaron que la incidencia de pododermatitis en enero se sitúa en un 57 % frente al 10 % de los meses de agosto y septiembre.

4.4.1.- Influencia de la cama sobre los parámetros productivos y el sexo de los animales

En primer lugar, se estudió la posible influencia del tipo de cama sobre los parámetros que reflejan la eficiencia de la producción de los broilers (Tabla 25).

Tabla 25. Media y desviación estándar de cada parámetro productivo respecto a cada material de cama estudiado

Parámetro	Tipo de cama			Sig.
	Viruta	Cascarilla	<i>Dry bed</i>	
Mortalidad (%)	2,54±2,12	3,23±1,98	3,14±1,38	ns
IC (kg/kg)	1,72±0,05	1,74±0,18	1,72±0,05	ns
GMD (g/día)	63,34±7,59	66,15±7,42	65,62±6,11	ns
EPEF	358,21±39,15	370,88±44,73	370,36±30,55	ns

Sig.: Significancia estadística. ns: no significativo

No se observaron diferencias significativas en función del tipo de cama empleado en ninguno de los parámetros productivos. Estos resultados coinciden con otros estudios previos, como los de Monira et al. (2003), los cuales no observaron diferencias en el peso vivo, ni en la mortalidad, ni en la conversión o consumo de pienso en pollos criados con camas de bagazo de caña de azúcar, viruta, cascarilla de arroz o paja de trigo. Asimismo, Hafeez et al. (2009) tampoco obtuvieron diferencias significativas en la conversión, ni en el consumo de pienso ni en el peso vivo final de pollos criados sobre camas de viruta, paja o arena. Los resultados están en sintonía también con los estudios previos que reportan que el tipo de material empleado no afecta al peso corporal (Lien et al., 1992; Burke et al., 1993; Grimes et al., 2006; Avila et al., 2008) ni al índice de conversión ni a la mortalidad (Burke et al., 1993; Willis et al., 1997; Grimes et al., 2006; Atapattu y Wickramasinghe, 2007). Toghiani et al. (2010), analizando cuatro tipos de material de cama entre los que se encontraban la viruta y la cascarilla, no encontraron diferencias significativas en el índice de conversión. Sirri et al. (2007), comparando viruta y paja, densidades de cría y programas de luz, tampoco encontraron influencia en los datos productivos.

Sin embargo, Nowaczewski et al. (2011) encontraron que, para condiciones óptimas de temperatura y humedad, los animales criados sobre viruta de madera tenían mejor índice de eficiencia europeo, un 6 % más de peso vivo, una mejora del índice de conversión de un 7 % y una menor mortalidad que cuando se criaban en paja entera o picada.

Otros estudios reportan un menor peso corporal en pollos criados en cascarilla de arroz (Toghiani et al., 2010) con respecto a otros materiales como viruta, arena, papel reciclado o en ausencia de material de cama.

La mayoría de las investigaciones acerca del material de cama se orientan hacia la búsqueda de alternativas locales en los diferentes países donde se llevan a cabo las mismas, pero existen muy pocas que incluyan el empleo de paja peletizada en la evaluación del rendimiento de los broilers. En un estudio de Kheravii et al. (2017) no se encontraron diferencias en el crecimiento, ni en el índice de conversión final de machos *Ross* criados con camas de viruta de madera, cascarilla de arroz o paja peletizada, siendo mejores en todos los casos que cuando se empleaban camas de paja picada o papel troceado. Sin embargo, sí observaron un mejor índice de conversión a los 10 días de edad en los pollos criados sobre paja peletizada, así como un mayor grado de bienestar por la conservación de la cama, y un mayor peso de molleja a 24 días de edad en pollos criados en viruta de madera, debido probablemente a su consumo por parte de los animales. Ni la microbiota cecal final ni el pH de la molleja mostraron diferencias significativas entre los tres materiales. Y la compactación de la cama es también menor con estos materiales que con el papel y la paja. Teniendo en cuenta que el *dry bed* basa su composición en paja picada, estos autores llegaron a similares conclusiones que, en nuestro estudio, en el que el *dry bed* se muestra como una buena alternativa a los materiales

convencionales empleados en la cría de los broilers, aunque no se deben perder de vista las consideraciones económicas.

Por otra parte, el sexo es un parámetro que influye de forma general en las producciones animales. En el caso de los broilers, los machos consumen más alimento, tienen mejor peso final que las hembras y un índice de conversión más bajo (Engku et al., 2007; Beg et al., 2016), debido en parte a que las hembras depositan mayor grasa abdominal (Benyi et al., 2015).

En este estudio se analizaron los parámetros productivos para cada uno de los sexos de manera que se pudo evaluar la influencia de este factor sobre la mortalidad, el índice de conversión, la ganancia media diaria y sobre el factor de eficiencia europeo (Tabla 26).

Tabla 26. Media y desviación estándar de cada respecto al sexo de los broilers de cada lote estudiado

Parámetro	Sexo		Sig.
	Machos	Hembras	
Mortalidad (%)	4,15±1,97	1,90±0,92	***
IC (kg/kg)	1,75±0,19	1,71±0,05	ns
GMD (g/día)	71,97±3,64	59,08±2,94	***
EPEF	397,37±34,58	340,26±22,16	***

Sig.: Significancia estadística. ns: no significativo; *** $P < 0,001$

En nuestro estudio, el índice de conversión no presenta diferencias significativas entre machos y hembras. Pero hay que destacar que la gran diferencia de peso final (707 g más a favor de los machos, 500 g si se sacrificaran a la misma edad), hace mucho más eficiente, en términos productivos, al macho que a la hembra.

Como era esperable, las diferencias aparecen en la mortalidad, en el crecimiento y en el índice de eficiencia europeo.

La mortalidad es significativamente mayor en los machos (Figura 63), debido a su mayor peso medio, un ciclo de cebo más largo y a una mayor susceptibilidad al estrés por calor que en el caso de las hembras de esta misma estirpe.

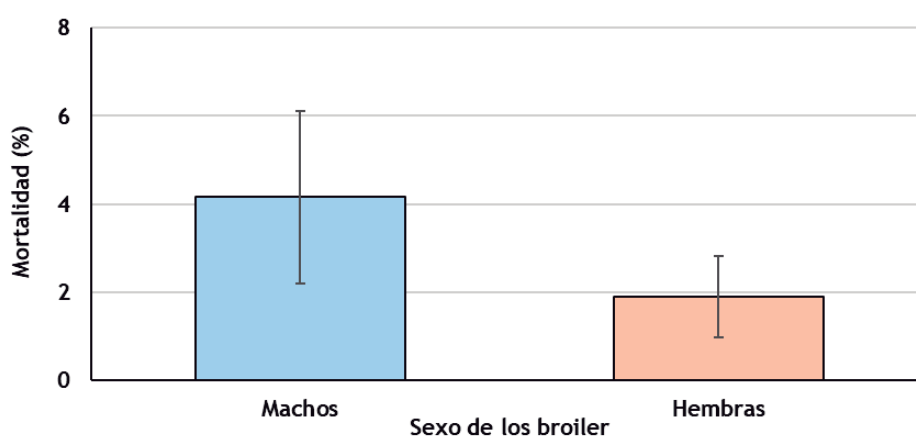


Figura 63. Mortalidad media final de los lotes de broilers en función del sexo

Estos resultados coinciden con diversos trabajos como los llevados a cabo por Leitner et al. (1989), Zuowei et al. (2011) y Benyi et al. (2015). Sin embargo, Engku et al. (2007) no encontraron diferencias significativas entre la mortalidad de machos y hembras en broilers de

estirpe Arbor Acres, y en el estudio de Beg et al. (2016) se observó una mayor mortalidad en hembras de estirpe *Cobb*, respecto a los machos, atribuyendo este incremento a su mayor propensión a desórdenes metabólicos por su mayor deposición grasa.

La significativa mayor ganancia media diaria de los machos respecto a las hembras (Figura 64) se atribuye por una parte a su propio rendimiento y por otra al mayor peso final de los machos con respecto a las hembras, que compensan su mayor porcentaje de mortalidad. El estudio realizado por Engku et al. (2007), en pollos criados hasta los 46 días de edad, en el que se evaluó el rendimiento de ambos sexos se atribuye una ventaja productiva a los machos respecto al peso corporal de un 12-22 %, con un consumo de pienso superior (3,4-4,6 %) y una mejora del índice de conversión en torno al 14 %.

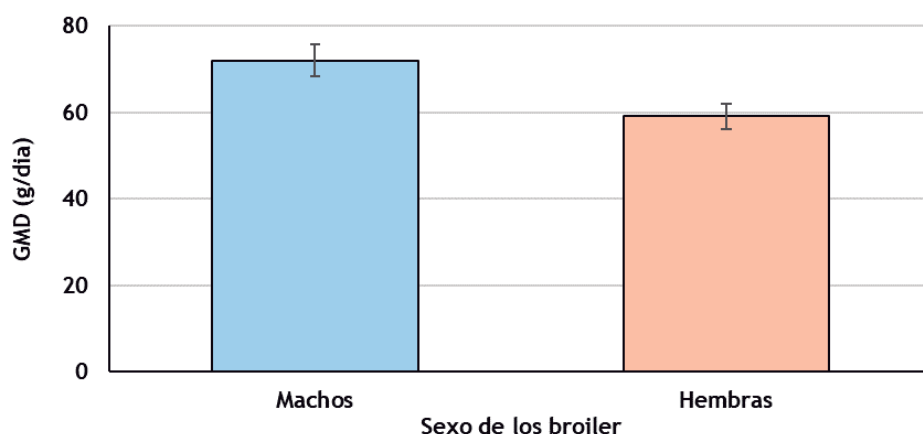


Figura 64. Ganancia media diaria observada en los broilers en función del sexo

En concordancia con los restantes parámetros productivos, el factor de eficiencia productiva europeo también es significativamente superior en los machos que en las hembras (Figura 65). Así, Rosero et al. (2012) también observaron un incremento de este factor debido al mayor peso final de los machos respecto al de las hembras.

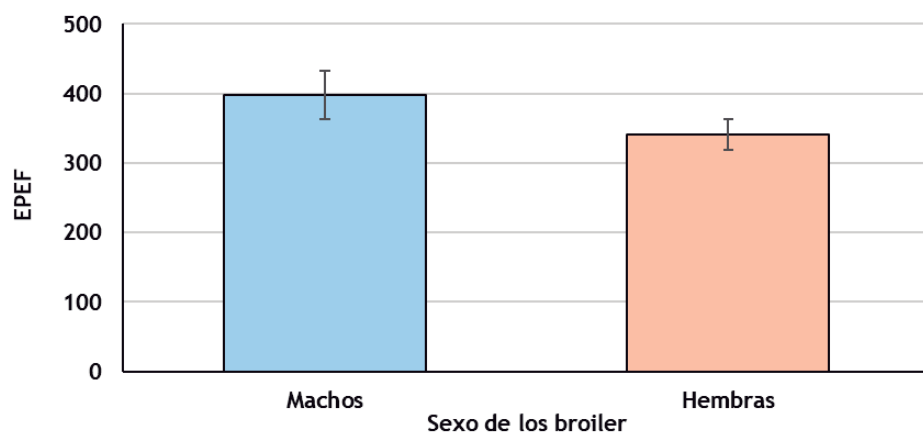


Figura 65. Índice de eficiencia europeo en función del sexo

Al evaluar estadísticamente la interacción del tipo de cama y el sexo de los broilers comprobamos que las diferencias observadas en cada parámetro productivo no fueron significativas (Tabla 27).

Tabla 27. Media y desviación estándar de cada parámetro productivo según el sexo y con respecto al material de cama estudiado

Parámetro	Sexo	Tipo de cama			Sig.
		Viruta	Cascarilla	Dry bed	
Mortalidad (%)	♂	4,38±2,26	4,17±2,15	3,95±1,28	ns
	♀	1,39±0,94	2,08±0,89	2,18±0,73	ns
IC (kg/kg)	♂	1,74±0,05	1,76±0,25	1,73±0,04	ns
	♀	1,71±0,05	1,70±0,05	1,70±0,05	ns
GMD (g/día)	♂	72,55±3,07	72,36±4,07	70,71±2,63	ns
	♀	58,35±3,46	59,27±2,86	59,62±2,24	ns
EPEF	♂	399,44±23,03	398,30±42,34	393,91±17,68	ns
	♀	337,01±25,25	341,10±23,14	342,66±14,83	ns

Sig.: Significancia estadística. ns: no significativo

Teniendo en cuenta todo lo descrito anteriormente, y al menos en condiciones de producción similares a las de los lotes de estudio, el tipo de cama no afecta a los parámetros productivos en sí mismos, no destacando ningún material sobre el otro respecto al rendimiento de los broilers. De esta manera, a la hora de la toma de decisiones se deberán considerar otros factores como la calidad del material, el precio y las facilidades de manejo para los operarios, así como la calidad y composición del estiércol resultante.

4.4.2.- Influencia de la cama sobre la calidad de la canal

Al revisar los resultados relativos a la calidad de las canales en función del tipo de cama, no se observaron diferencias significativas para las canales de segunda, para la desigualdad, ni para la dermatitis de pechuga, siendo esta última un fenómeno de muy rara aparición, al reponer material de cama de manera continua durante todo el cebo.

Sin embargo, si se aprecian diferencias significativas con respecto a la frecuencia de aparición de arañado y pododermatitis (Tabla 28).

Tabla 28. Media y desviación estándar de cada parámetro de calidad de las canales respecto a cada material de cama estudiado

Parámetro (%)	Tipo de cama			Sig.
	Viruta	Cascarilla	Dry bed	
Canales de segunda	20,03±2,53	20,92±2,54	20,56±3,04	ns
Desigualdad	9,87±2,02	9,87±2,78	10,49±2,84	ns
Arañado	20,15±5,16 ^a	25,50±7,49 ^b	25,54±7,29 ^b	***
Dermatitis pechuga	0,04±0,23	0,11±0,63	0,17±0,69	ns
Pododermatitis	36,10±25,55 ^a	47,04±26,93 ^b	49,86±25,54 ^b	*

Sig.: Significancia estadística. ns: no significativo; *** $P < 0,001$; * $P < 0,05$

^{a,b}: letras diferentes difieren significativamente

Se observó un incremento significativo de la incidencia de arañado de las canales en las camas de cascarilla y *dry bed* respecto a las camas de viruta (Figura 66). En un estudio de García et al. (2012) se observó una relación entre el material de cama y las lesiones de la canal, comprobando que aumentaban el arañado y la pododermatitis en naves con cama de bagazo de

caña de azúcar o de hierba *Napier* picada en comparación con las de cama de viruta o de cascarilla de arroz.

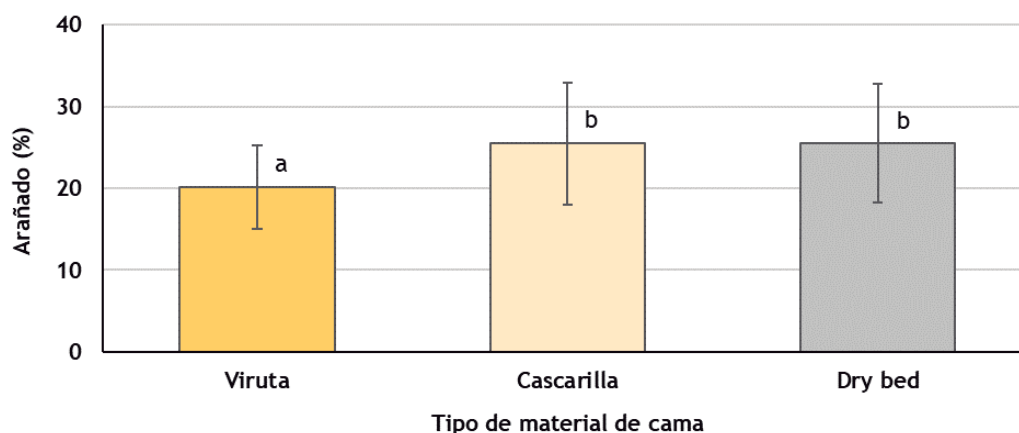


Figura 66. Porcentaje de arañado en función del material de cama

Para Toghyani et al. (2010) el comportamiento de las aves podría explicar los mejores resultados obtenidos con la cama de viruta respecto al arañado. Estos autores observaron que los pollos pasaban más tiempo sentados cuando la cama era de viruta que cuando esta era de cascarilla de arroz, ya que la viruta proporcionaría un mayor nivel de bienestar y la cascarilla podría favorecer el arañado por el incremento de la actividad sobre ella. Otra explicación podría estar en el diferente manejo en la reposición de las camas de cascarilla y *dry bed*, las cuales se someten a un mayor número de volteos respecto a las camas de viruta, provocando más movimiento entre las aves y en consecuencia más incidencia de arañado.

Con respecto a la dermatitis plantar (Figura 67), el tipo de cama con una significativa menor incidencia de este defecto fue la de viruta, siendo similares la incidencia de la dermatitis plantar en el caso de la cascarilla de arroz y el *dry bed*.

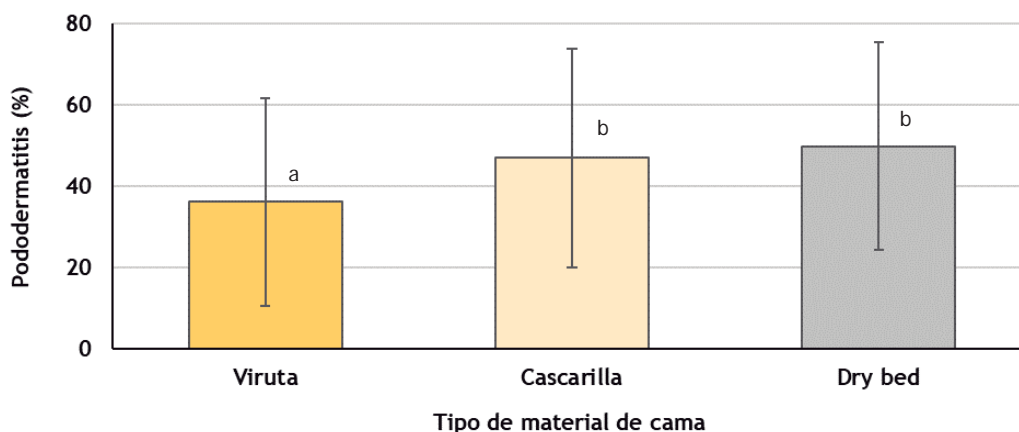


Figura 67. Pododermatitis en función del material de cama

Estos resultados coinciden con los estudios anteriores que compararon la presencia de dermatitis plantar en las canales de broilers criados sobre camas de viruta o cascarilla (Grimes et al., 2002; Bilgili et al., 2009). La explicación puede estar en el tamaño de partícula del material de cama, porque influye tanto en la retención como en la eliminación de la humedad

de esta. La humedad de la cama no sólo provoca dermatitis plantar, sino que reduce el bienestar animal, el rendimiento de la canal y los resultados técnicos (De Jong et al., 2014).

Con respecto al *dry bed*, existen pocos estudios respecto a su influencia sobre la calidad de las canales de broilers. Valls (2015), en un estudio comparativo entre *dry bed* y paja picada, observó que se reducía más de un 50 % la incidencia de pododermatitis al pasar a emplear *dry bed*, pero en esta tesis la paja ni se ha contemplado ya como alternativa.

En un estudio llevado a cabo durante un año en la misma cooperativa de los lotes de este estudio (Villaroel et al., 2018a) y en el que se analizó la incidencia de diversos defectos de la canal en lotes de estirpe *Ross*, comprobaron que existían diferencias significativas entre el tipo de cama y la aparición de pododermatitis. También afirmaron que el menor valor de frecuencia de aparición de pododermatitis se obtiene con las camas de viruta (31,1 %), seguidas por las de cascarilla de arroz (33,7 %), siendo ambas mucho mejores que la paja cortada (49,3 %).

Al analizar los diferentes parámetros de calidad en función del sexo (Tabla 29) se comprobó que la desigualdad es significativamente mayor en las canales de las hembras que en las de machos. Por el contrario, la presencia de arañado en las canales es significativamente mayor en los machos que en las hembras, coincidiendo con otros autores como García et al. (2012), lo que atribuyen al mayor tamaño de los machos respecto a las hembras.

Tabla 29. Media y desviación estándar de cada parámetro de calidad de las canales respecto al sexo de los broilers de cada lote estudiado

Parámetro (%)	Sexo		Sig.
	Machos	Hembras	
Canales de segunda	21,21±2,55	20,09±2,69	ns
Desigualdad	8,50±2,22	11,27±1,94	***
Arañado	26,82±7,92	22,03±5,68	**
Dermatitis pechuga	0,09±0,48	0,13±0,67	ns
Pododermatitis	49,49±26,37	41,76±26,61	ns

Sig.: Significancia estadística. ns: no significativo; *** $P < 0,001$; ** $P < 0,01$; * $P < 0,05$

Con respecto a la desigualdad (Figura 68), suele ser frecuente una mayor desigualdad en las canales de los machos que en las de las hembras debido al peso mayor que alcanzan éstos y a ser más susceptibles a los arranques deficientes, pero en este caso el resultado el contrario a lo esperado.

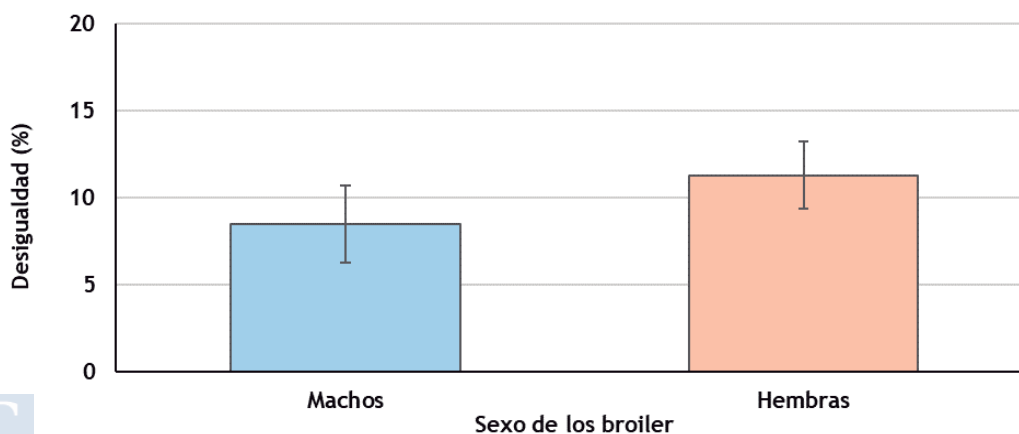


Figura 68. Incidencia de la desigualdad de las canales de broilers en función del sexo

La uniformidad está relacionada con la estirpe, el sexo, la formulación de la dieta y el tipo de alimentación. Así Hughes et al. (2017), en un estudio a gran escala sobre la uniformidad en lotes de pollos, comprobaron que el coeficiente de variación del peso vivo a las 6 semanas de edad era del 6,6 % en los machos y del 6,1 % en las hembras. Sin embargo, a las 7 semanas se invertían esas diferencias pasando a ser del 8,8 % en las hembras y del 7,3 % en los machos.

En el caso de los lotes de este estudio, la mayor desigualdad observada en las hembras respecto a la de los machos, podría estar relacionada con un programa de alimentación que favorece el desarrollo corporal de los machos. Otra posible explicación es que se podría deber a la mayor densidad durante las primeras semanas del cebo de las hembras, pues se trata de un problema que comienza a edades tempranas y que se prolonga hasta el final del ciclo. La competencia por el espacio y los comederos también influye cuando se emplean estas densidades más elevadas.

En el caso del arañado (Figura 69), la mayor incidencia observada en machos podría explicarse por las salidas parciales previas realizadas, más tempranas en hembras que en machos (35 vs 42 días de promedio, respectivamente), lo que permitiría la recuperación de las lesiones en la parte final de la cría, así como un mayor manejo de la cama en los machos hasta su alivio, con una mayor densidad poblacional y por tanto un arañado más tardío.

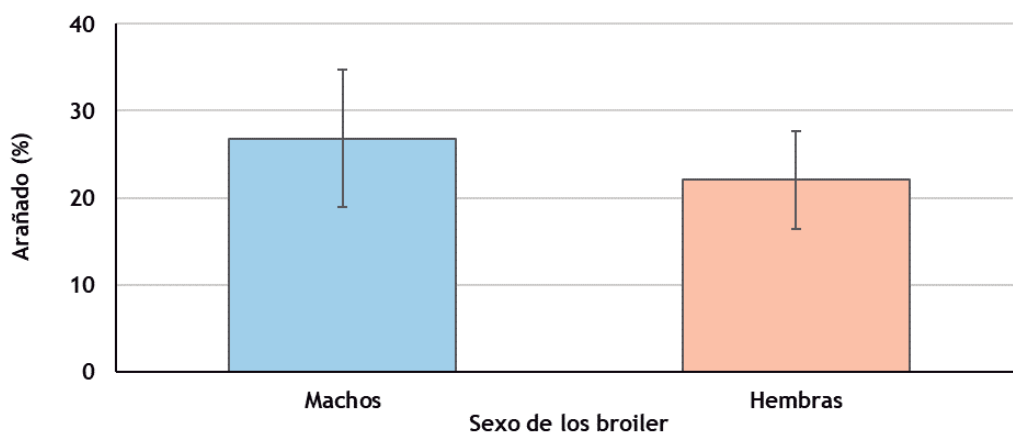


Figura 69. Incidencia de arañado en las canales de broilers en función del sexo

Aunque se ha comprobado que existe una mayor fragilidad en la piel en las hembras debido al menor contenido y madurez del colágeno que la forma (Bilgili et al., 1993), nuestros resultados indican lo contrario. Al igual que en este estudio, García et al. (2012), analizando distintos materiales de cama en relación con la calidad de las canales, atribuyeron más heridas a los machos por su mayor tamaño y peso y mayor pododermatitis, lo que atribuyen a la mayor presión sobre las patas por su peso más elevado. Además, el emplume es más tardío en los machos que en las hembras, lo que resulta un mayor tiempo de exposición y contacto de la piel con el ambiente y la cama. Sin embargo, Kjaer et al (2006) reportan mayor incidencia de pododermatitis en hembras que en machos sacrificados a 6 semanas de edad.

Al estudiar conjuntamente la interacción del tipo de material de cama y el sexo se comprobó que no existían diferencias significativas en cuanto a resultados de calidad de las canales (Tabla 30). El hecho de que los lotes empleados en el estudio procedan de núcleos avícolas en los que se alcanzan unos pesos medios finales de hembras elevados, con parecidas densidades (kg/m^2) al final de la crianza, y con un manejo similar en cuanto a reposición podrían explicar estos resultados.

Tabla 30. Media y desviación estándar de cada parámetro de calidad de las canales en función del sexo y con respecto al material de cama estudiado

Parámetro (%)	Sexo	Tipo de cama			Sig.
		Viruta	Cascarilla	Dry bed	
Canales de segunda	♂	20,5±2,59	21,7±2,32	20,5±2,89	ns
	♀	19,8±2,54	20,0±2,52	20,6±3,30	ns
Desigualdad	♂	8,05±1,61	8,38 ±2,33	9,06±2,27	ns
	♀	10,8±1,45	11,18±1,82	12,2±2,55	ns
Arañado	♂	21,03±5,65	27,93±7,78	28,04±8,14	ns
	♀	20,05±4,66	22,94±6,32	22,60±4,90	ns
Dermatitis pechuga	♂	0,00±0,00	0,03±0,11	0,29±0,93	ns
	♀	0,06±0,29	0,22 ±0,92	0,02±0,08	ns
Pododermatitis	♂	42,93±28,01	49,20±27,00	54,42±24,06	ns
	♀	32,90±24,32	45,68±27,17	44,50±26,91	ns

Sig.: Significancia estadística. ns: no significativo; *: $P < 0,001$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,05$

En el estudio de Villaroel et al (2018a) se detectó, en general, una mayor incidencia de defectos en las canales de los machos que en las de las hembras para todas las categorías, incluyendo también el arañado, que se incrementaba linealmente con el peso medio. Iguales conclusiones obtuvieron García et al. (2012).

A la vista de los resultados obtenidos, se puede afirmar que los tres materiales de cama son adecuados para la cría intensiva de broilers, sin afectar a los parámetros productivos, y que la viruta de madera es el mejor material en lo referente a la aparición de pododermatitis y arañado de las canales.

5. CAPÍTULO II

“ESTRATEGIAS DE PRESENTACIÓN Y COMPOSICIÓN DEL PIENSO PARA EL ABORDAJE DE LA INCIDENCIA DE MIOPATÍAS”

5. CAPÍTULO II

5.1.- INTRODUCCIÓN

Los avances en la selección genética han logrado incrementar el peso vivo final de las aves en períodos cada vez más cortos de tiempo. El incremento en la tasa de crecimiento ha ocasionado un aumento de tamaño de las células musculares (McRae et al., 2006), lo que ha provocado a su vez la aparición de varias miopatías del músculo de la pechuga, que deterioran las fibras musculares y las reemplazan por tejido conectivo y adiposo, sobre todo en el músculo pectoral mayor. Aunque la primera miopatía descrita fue la del músculo pectoral profundo, actualmente las más frecuentes son la pechuga de madera y la miopatía dorsal craneal en machos y las estrías blancas y pechuga de espagueti en hembras, con una elevada incidencia de presentación en las plantas de procesado de todo el mundo.

5.1.1.-Características de las miopatías

La hipertrofia muscular, unida a un crecimiento desequilibrado de tejido conjuntivo, compromete la irrigación sanguínea y provoca hipoxia en los tejidos. El estrés oxidativo conlleva una disfunción mitocondrial que provoca lipidosis, fibrosis y miodegeneración. Además de la alteración en el aspecto, los músculos afectados por miopatías presentan propiedades tecnológicas deficientes, una textura deteriorada y una reducción de su valor nutricional. Papah et al. (2017) describen la aparición de flebitis con infiltración lipídica que podría ser precursora de pechuga de madera desde los 7 días de edad. Radaelli et al. (2017) reportan los primeros signos visibles de degeneración de la fibra muscular asociada a miopatías desde los 14 días de vida del animal.

El estudio y la evaluación histológica de las estrías blancas indican degeneración muscular, vacuolar y lisis de las fibras, leve mineralización, infiltración de células mononucleares, lipidosis, inflamación intersticial y fibrosis, que evoluciona hacia un proceso inflamatorio crónico (Petracci et al., 2013a). El aumento del grado de lesión indica mayor degeneración de la fibra muscular y se asocia a un aumento en la proporción de grasa, con presencia de tejido conectivo y adiposo rodeando la fibra muscular y provocando un descenso proporcional en el contenido proteico del músculo, y, en consecuencia, una variación en la composición química de la carne, mayor cuanto mayor es la lesión (Tabla 31).

Tabla 31. Composición química de la carne en función del grado de lesión de la pechuga (Petracci et al., 2014)

Tipo pechuga	Proteína total	Grasa intramuscular	Colágeno
Pechuga normal	22,9 %	0,78 %	1,30 %
Lesión moderada	22,2 %	1,46 %	1,37 %
Lesión severa	20,9 %	2,53 %	1,43 %

Aunque la seguridad en cuanto al consumo de esta carne no está comprometida, sí disminuye la aceptación del consumidor (Kuttapan et al., 2012a). Además, su perfil de ácidos grasos es distinto al de una pechuga sin estrías y aumentan las pérdidas al cocinado (Gratta et

al., 2019). Baldi et al. (2018) observaron un aumento de la humedad y un descenso de la cantidad de proteínas en la pechuga de espagueti con respecto a una pechuga normal.

En el caso de la pechuga de madera, las lesiones anatomopatológicas que se observan consisten en degeneración de fibras musculares, alteración del tamaño de las miofibrillas y de las membranas celulares y citólisis, inflamación e infiltración y sustitución de miofibrillas con tejido conectivo y/o grasa, que provocan un endurecimiento del músculo de la pechuga.

La pechuga de espagueti presenta una estructura muscular muy desorganizada, con mezcla de fibras pequeñas y grandes. Se cree que podría estar vinculada a un incremento en la acumulación de ácido láctico, que degrada el tejido conectivo que sostiene y une los paquetes musculares y por otra parte inhibe la síntesis de proteínas, disminuyendo la maduración del músculo (Anton et al., 2019).

Greene et al. (2019), analizando la hematología y los gases disueltos en la sangre de los animales afectados por miopatías, encontraron menores niveles de saturación de oxígeno, menos hemoglobina y un hematocrito más bajo, lo que apunta a una elevada hipoxia sistémica y por tanto una deficiente perfusión sanguínea en animales afectados (Tabla 32).

Tabla 32. Gases sanguíneos, química y hematología en aves sanas y afectadas por miopatías (Modificado de Greene et al., 2019)

Tipo ave	pH	pCO ₂ (mmHg)	pO ₂ (mmHg)	sO ₂ (%)	Na ⁺ (mmol/l)	K ⁺ (mmol/L)	Gluc (mg/dl)	Hct (%)	Hgb (g/dL)
Sanas	7,44	38,5	66,5	89,2	144,8	4,4	243	22,2	7,6
Afectadas	7,46	36,9	59,3	80,0	143,1	4,2	254	18,1	6,1

pCO₂: presión parcial CO₂; pO₂: presión parcial O₂; sO₂: saturación de O₂
Gluc: glucosa; Hct: Hematocrito; Hgb: Hemoglobina

Las pechugas con lesiones miodegenerativas presentan mayores niveles de minerales como sodio o calcio y un mayor porcentaje de proteínas miofibrilares (Petracci et al., 2015). Un estudio de Soglia et al. (2020) indica, que, si bien los factores predisponentes de las principales miopatías pueden ser comunes, la diferente expresión fenotípica de cada una de ellas podría estar asociada, al menos en parte, a la síntesis de dos proteínas filamentosas (vimentina y desmina) asociadas a la regeneración muscular, que sitúa en distintos estadios cada miopatía.

En la actualidad, lo más razonable parece la incorporación de la carne afectada en la formulación de productos procesados, pues el picado de ésta, con la adición de otros ingredientes funcionales puede disimular las propiedades tecnológicas de las carnes con miopatías (Brambila et al., 2017). Como suele afectar a la parte más superficial, la parte profunda de la pechuga podría ser aprovechada en fresco (Baldi et al., 2019).

5.1.2.-Factores predisponentes

Los factores asociados a la aparición y severidad del grado de lesiones de pechuga son:

1. Genética: aves de crecimiento rápido y acelerado desarrollo muscular presentan mayor incidencia de estos problemas (Petracci et al., 2013b). Bailey et al. (2015) comprobaron que existe una baja heredabilidad en el caso de la miopatía pectoral profunda y la pechuga de madera (0,02-0,10), siendo un poco más elevada en el caso de la pechuga estriada (0,19-0,34). Entre los factores genéticos que provocan alteraciones musculares se cree que el origen podría estar en la expresión de los genes implicados en el calcio intracelular, la hipoxia y el estrés oxidativo (Mutryn et al., 2015).
2. Sexo: en general, los machos presentan mayor incidencia de pechuga de madera cuando se sacrifican pues existe una fuerte correlación entre el peso final y la aparición de la lesión (Trocino et al., 2015). Mientras en el caso de la pechuga estriada, o bien no se

reportan diferencias significativas entre sexos (Kuttappan et al., 2013b.; Trocino et al., 2015), o se señalan más lesiones moderadas en machos que en hembras (Lorenzi et al., 2014). Con respecto a la pechuga de espagueti, Pascual et al. (2020) observaron valores significativamente mayores en hembras que en machos (25 % vs 3,1 %, respectivamente).

3. Velocidad de crecimiento: aves de más peso presentan una tendencia al aumento de los problemas de calidad (Kuttappan et al., 2012b; Lorenzi et al., 2014; Griffin et al., 2018). Las elevadas tasas de crecimiento en períodos intermedios de la crianza incrementan la frecuencia de aparición de miopatías.
4. Nutrición: dietas muy concentradas, aves con más peso y mejores índices de conversión presentan mayor incidencia de pechuga de madera (Kuttappan et al., 2012b). Dietas poco adecuadas en la primera semana de vida o mal acceso al alimento pueden reducir la proliferación de células satélite y por tanto afectar al crecimiento muscular y/o la reparación posterior (Halevy et al., 2000; Vellerman et al., 2010). Por otra parte, deficiencias en vitamina E y/o selenio conducen a distrofias musculares nutricionales, si bien no se ha conseguido todavía mejorar la incidencia de estrías blancas suplementando con distintos niveles de vitamina E (Guetchom et al., 2012; Kuttappan et al., 2012c).

5.1.3.- Abordajes para reducir la incidencia de las miopatías

La apariencia, textura y sabor son las cualidades más apreciadas por los consumidores de carne de pollo (Droval et al., 2012).

Las miopatías de pechuga afectan directamente a la percepción del consumidor. Al margen de las posibles soluciones por parte de las empresas de selección y mejora genética, se hacen necesarias intervenciones prácticas de nutrición y manejo para minimizar las anomalías en la calidad de las canales sin afectar negativamente al rendimiento en vivo y al sacrificio.

Uno de los abordajes efectuados para reducir la incidencia de problemas es mejorar la incubación de los pollitos, y se han realizado diversos experimentos para incrementar la cantidad de células satélite, como el empleo de luz verde (Rozenboim et al., 2004), la alternancia de temperaturas (Piestun et al., 2009), o evitar el sobrecalentamiento en las últimas etapas de incubación.

La temperatura ambiental y corporal del ave, los niveles de dióxido de carbono, el programa de iluminación, la calidad y profundidad de la cama, los procedimientos de recogida de las aves, el traslado al matadero y su posterior procesamiento y faenado son factores que también se estudian por su posible influencia en la aparición de estas miopatías.

Con respecto a la nutrición, reducir la velocidad de crecimiento en determinados momentos de la crianza podría ser beneficioso, siempre que se garantice un pienso adecuado de iniciación. La reducción de la ganancia de peso se puede lograr mediante una restricción cualitativa, teniendo en cuenta el ajuste de los niveles de aminoácidos y energía de la dieta en diferentes períodos de la vida del broiler, o mediante una reducción cuantitativa, lo que reduciría tanto el crecimiento como empeoraría el índice de conversión. Otra opción sería suministrar dietas con harina grosera en lugar de pienso peletizado. Por lo tanto, la optimización de la velocidad de crecimiento se podría afrontar mediante diferentes estrategias.

5.1.3.1.- Presentación de pienso

La granulación o peletización del pienso en el arranque mejora la digestibilidad de los nutrientes y los rendimientos productivos con respecto a la harina, al digerirse mejor la energía y el almidón cuando se reduce el tamaño de partícula. La presentación en migas supone una

situación intermedia. Sin embargo, de 1 a 3 días, sería mejor la presentación en migas con respecto al pellet, probablemente por el tamaño de estos (5,3 mm), que no se adaptan al tamaño del pico y les causarían problemas para tragarlos (Serrano et al., 2013). La solución pasa por la fabricación de un micropellet (2,5 mm) para suministrar los primeros días de vida (Tabla 33).

Tabla 33. Influencia de la presentación del pienso en pollitos de 3 y 12 días de vida (Modificado de Serrano et al., 2013)

Formato del pienso	1 a 3 días				3 a 12 días			
	GMD	CMD	IC	PT	GMD	CMD	IC	PT
Harina	7,7 ^b	9,9	1,29	10,9 ^b	18,9 ^c	30,4 ^c	1,62 ^a	4,7
Migaja	8,5 ^a	10,7	1,26	11,6 ^b	21,9 ^b	33,3 ^b	1,53 ^b	4,1 ^a
Microgránulo	8,1 ^{ab}	10,0	1,24	13,6 ^a	23,6 ^a	35,5 ^a	1,51 ^b	0,1 ^b

GMD: ganancia media diaria de peso (g); CMD: consumo medio diario de alimento (g); IC: índice de conversión; PT: pienso tirado (g)

En el caso de suministrar pienso en harinas groseras, el consumo se verá claramente reducido, sobre todo durante los primeros días. Por lo tanto, se logrará una reducción de la ganancia de peso, más significativa cuanto menor sea el peso final del animal sacrificado, y se presentará también menor incidencia de miopatías. El índice de conversión se mantendrá bastante estable, sin grandes diferencias entre harina y granulado. La mortalidad suele reducirse con las harinas, pues el pienso en pellets la incrementa debido probablemente al aumento de los problemas metabólicos que supone la elevación de la tasa metabólica (Bennett et al., 2002; Engberg et al., 2002).

Con respecto a las camas, Yasar (2003) atribuye al pienso granulado un incremento de viscosidad de la digesta debido a la reducción del tamaño de partícula, lo que provocaría mayor cantidad de agua en heces y, por tanto, la presentación en harina mejoraría la calidad de la yacija.

Las dietas en pellet mejoran la conversión y el rendimiento de pechuga, sobre todo cuando el pellet es de alta calidad (Cutlip et al., 2008). McKinney et al. (2004) demostraron una mejora del 6 % en el peso y del 5 % en el índice de conversión en animales alimentados con pellets en relación con los alimentados con harinas desde los 31 días de edad. Corzo et al. (2011), Chewning et al. (2012) y Massuquetto et al. (2018) observaron también mayores pesos y mejor digestibilidad ileal de la materia seca, de la proteína y de la energía en animales alimentados con pellets. Estos resultados pueden atribuirse a una mejora en el valor alimenticio de los ingredientes o a una reducción de necesidades de nutrientes, lo que resulta en una mejor deposición tisular (McKinney et al., 2004). Sin embargo, el pelletizado no tiene efecto sobre la biodisponibilidad de nutrientes (Bolton, 1960; Roza et al., 2018; Massuquetto et al., 2019). Con respecto al metabolismo energético, Klein et al. (1999) y Lecznieski et al. (2001) obtuvieron una menor retención de grasa con dietas en harina, sin modificarse la retención de proteína con respecto al gránulo. Esto repercute en unas carcasas con mayor deposición de grasa en animales alimentados con pellets.

Por otra parte, se observó una reducción del porcentaje de canales de segunda con dietas suministradas en harina, aunque también desciende el rendimiento de los animales, como apreciaron Dozier et al. (2010), los cuales comprobaron que se da una reducción del rendimiento de la canal y de la pechuga en pollos sacrificados a 42 días de edad y alimentados con piensos en harina, comparados con otros broilers alimentados con gránulo de alta y baja calidad, o con gránulos mezclados con maíz partido.

Mingbin et al. (2015) estudiaron el efecto del tamaño de partícula y de la presentación del pienso en pollos de hasta 41 días de edad, comprobando que todos los animales alimentados con pellets presentaron mayor crecimiento y consumo diario a lo largo de toda la crianza, si bien el efecto era más acusado en las primeras fases del ciclo, con un aumento de consumo del 5 % y del 8 % en la iniciación (1-21 días) y en el crecimiento (22-32 días), respectivamente. El tamaño de partícula por sí sólo en el pellet no tuvo un efecto significativo en este crecimiento, por lo que la interacción del tamaño con la presentación de pienso es la clave en los resultados de producción obtenidos, siendo más importante la presentación que la molienda. Otra característica para tener en cuenta es que los pollos alimentados con harina tienen un pH inferior en el tracto digestivo proximal que podría limitar el crecimiento de ciertos patógenos intestinales (Gabriel et al., 2003; Huang et al., 2006).

La dieta en harina estimula el desarrollo de la molleja y del intestino delgado en mayor medida que los piensos en miga y/o pellets. En el caso de los ciegos, el efecto es el contrario (Huang et al., 2006). Al emplear piensos en harina, los crecimientos serán mejores si se emplean molinos de rodillo, en lugar de los de martillo, pues se consigue un tamaño de molienda más uniforme y con un tamaño de partícula relativamente más grande, mejorando así el flujo de pienso y el rendimiento de los animales que lo consumen (Dozier et al., 2010).

En otra prueba (Barragán, 2019) no se encontró diferencia entre los pollos alimentados con gránulo y los alimentados con harinas groseras desde los 21 días en lo que respecta al tamaño de la pechuga o del intestino grueso, aunque sí en el peso de la molleja y del intestino delgado. Los pollos alimentados en harina presentaron un porcentaje de pechuga superior a medida que se incrementaba el tamaño de partícula. Por lo tanto, y siempre que se intente reducir el crecimiento de los animales sin incrementar significativamente los costes productivos, el empleo de dietas en harina grosera puede ser la mejor alternativa.

En un estudio realizado en Galicia por Novoa et al. (2022) se analizaron los parámetros productivos y de calidad de lotes de broilers sacrificados durante los años 2016 y 2017. Se comprobó que la incidencia de miopatías, así como la presentación y la severidad de las pododermatitis, son superiores cuando se administra una alimentación en grano con respecto a una presentación en harina.

Otra consideración a tener en cuenta es el coste de granulación, teniendo en cuenta los precios actuales de la energía. Trevidi (2005), analizando fábricas en Francia, determinó un consumo promedio de 21,6 kWh/Tm para elaborar piensos en harina, frente a los 74 kWh/Tm de la obtención de piensos en grano, consumo que se incrementaba cuando el diámetro de los pellets era menor a 0,7 mm, como en el caso de los piensos destinados a los broilers. Jahan et al. (2006) estiman un incremento del coste de fabricación del pienso en pellet de un 10 % respecto al de harina. Pero en la actualidad, con el incremento de los precios de la energía, el sobre coste de la peletización ronda el 30 % (datos propios), por lo que la fabricación en harinas debe ser tenida en cuenta también desde el punto de vista económico.

5.1.3.2.- Restricción cuantitativa del alimento

Las observaciones de campo muestran que las aceleraciones de crecimiento repentinas, como las que se producen después del alivio parcial de los animales, incrementan la incidencia y gravedad de las miopatías. Por tanto, se llevaron a cabo experimentos destinados a modificar la curva de crecimiento controlando la ingesta de alimento en determinados períodos de la vida del broiler. Meloche et al. (2018a) concluyeron que limitar el alimento *ad libitum* al 90 % durante toda la vida del animal redujo significativamente las miopatías del músculo de la pechuga, pero a costa de reducir también el peso corporal de la canal, por lo que no resultaba rentable para la producción.

Los estudios sobre alimentación controlada en determinados momentos de la curva de crecimiento de los broilers (Trocino et al., 2015) demostraron que existe un aumento de la incidencia de estrías blancas, manteniendo sin cambios la presencia de pechuga de madera, cuando los pollos se alimentaron al 80 % del consumo *ad libitum* entre los 13 y 21 días de edad y se procesaron a los 46 días. Al comparar las diferencias entre ambos sexos y el suministro de la ración, la presencia de estrías blancas no se ve afectada por el sexo mientras que la pechuga de madera aumentó en un 50 % en los machos respecto a las hembras (Figura 70). Esto puede ser debido a un peso vivo inferior y al menor desarrollo de la pechuga en hembras que en machos a igual edad de sacrificio.

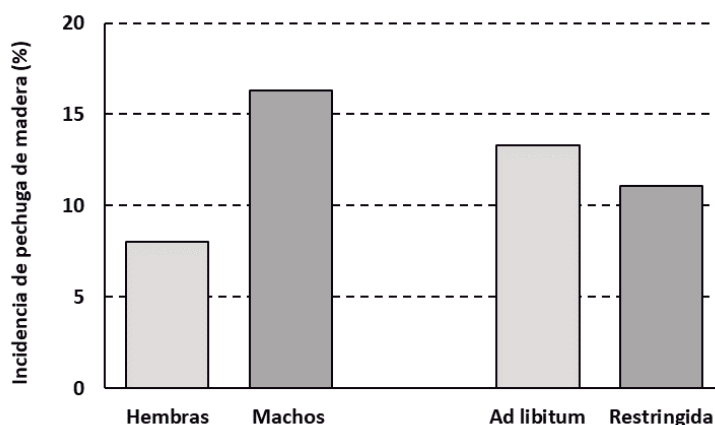


Figura 70. Relación entre géneros y restricción alimentaria respecto a la aparición de pechuga de madera (Modificado de Trocino et al., 2015)

5.1.3.3.- Restricción cualitativa del alimento

Otro enfoque para modificar la curva de crecimiento es reducir la asignación de nutrientes en la dieta de manera cualitativa, mediante la manipulación de la densidad de aminoácidos y de energía. Los pollos de engorde pueden ajustar su ingesta voluntaria de alimentos para compensar una reducción del 5 % de la densidad de nutrientes de la dieta (Anton et al., 2019). Meloche et al. (2018a) estudiaron si la reducción en la densidad de nutrientes podría reducir la ingesta, modificar la curva de crecimiento y, consecuentemente, afectar a la incidencia de las miopatías del músculo de la pechuga. Estos autores comprobaron que los animales compensaban una reducción del 10 % de la energía del pienso ingiriendo más alimento. Así, conseguían el mismo peso corporal final, sin modificar la curva de crecimiento del pollo, y se observaron diferencias muy pequeñas en las miopatías del músculo de la pechuga entre los diferentes tratamientos.

Por lo tanto, no hubo evidencia de que reducir la densidad de nutrientes de la dieta disminuyera la incidencia de la pechuga de madera o de las estrías blancas. De hecho, se comprobó que reducir la densidad de nutrientes de la dieta entre los días 8-14 y 8-25, así como entre los días 0-11 y 0-28, aumenta la incidencia de ambas miopatías (Meloche et al., 2018a). Esto podría ser debido a que una nutrición temprana insuficiente incrementaría el riesgo de que se produzcan miopatías del músculo de la pechuga, o bien al crecimiento compensatorio posterior.

Otra restricción cualitativa llevada a cabo por Cornejo et al. (2007) disminuyendo la relación energía:proteína de la dieta de broilers distribuidos en tres grupos de edad (7-14, 7-21 y 22-35 días de edad), y sacrificados a los 49 días, se correspondió con una ganancia de peso acumulada estadísticamente superior en los animales control que en cualquiera de los que

recibieron restricciones, comprobándose que no hay tiempo de compensar las pérdidas ocurridas durante la restricción aunque el consumo aumente una vez vuelve a ser suministrado el pienso a voluntad.

Si queremos que la estrategia resulte eficaz, el enfoque cualitativo del control de la alimentación no debe causar un aumento en la ingesta voluntaria de alimentos por parte del broiler para compensar el cambio en la densidad de nutrientes de la dieta.

5.1.3.3.1.- Aminoácidos

Una posibilidad consiste en reducir la concentración de un único aminoácido de la dieta. Si el aminoácido está presente con altos niveles en el músculo de la pechuga y se reduce el suministro de éste, debería reducirse también el crecimiento de ese músculo. Es importante que el aminoácido seleccionado no sea esencial para el desarrollo de las plumas, como la metionina o la cisteína, para prevenir emplumes deficientes que ocasionarían otros problemas de calidad. La lisina digestible es una candidata ideal, porque el pollo no puede reconocer un cambio en el nivel de ésta en la dieta y ajustar su ingesta de alimento. La lisina representa aproximadamente el 7 % del contenido de aminoácidos de la proteína de la canal, pero sólo el 2 % de los aminoácidos de las plumas, y suele usarse como complemento en dietas avícolas, así que puede eliminarse fácilmente de la dieta en la planta de elaboración.

Meloche et al. (2018b) demostraron que reduciendo únicamente los niveles de la lisina digestible de la dieta por debajo de las recomendaciones se alteraba la curva de crecimiento y se reducía significativamente la incidencia y la gravedad de la pechuga de madera y de las estrías blancas. En edades de sacrificio tempranas (días 41 a 48), la reducción del 75 % de la lisina digestible en la dieta entre los días 12 y 26 redujo la incidencia de la pechuga de madera y de las estrías blancas, aunque también se produjo una reducción significativa en el rendimiento de la pechuga y una reducción en el peso corporal, así como un aumento del índice de conversión. Si embargo, en animales procesados a edades más tardías (día 61), con suficiente tiempo de recuperación, sí se observó una reducción significativa de la pechuga de madera y de las estrías blancas cuando se aplicó una reducción del 85 % de la lisina digestible de los 12 a los 28 días, sin afectar de manera significativa el rendimiento final.

Los estudios de Cruz et al. (2017), con niveles crecientes de inclusión de lisina digestible, constataron que las miopatías tienen correlación positiva con el aumento de ésta en la dieta, debido al efecto directo del aminoácido sobre el peso corporal y el rendimiento de la carcasa. El incremento del rendimiento de la pechuga evidencia que la lisina influye indirectamente en la aparición de miopatías (Kuttappan et al., 2012b).

En lugar de trabajar sólo con la cantidad de lisina, estudios más recientes sugieren que podría ser más eficaz modificar los ratios arginina:lisina, dada la importancia de la arginina en relación a la circulación y el aporte de oxígeno. Boerboom et al. (2018), en un análisis metabolómico de pechugas afectadas por estrías blancas, observaron que, además de la acumulación de ácidos grasos de cadena larga dañinos por fallos en la oxidación mitocondrial, se incrementaba la conversión de arginina a citrulina para producir óxido nítrico, que mejora el flujo sanguíneo bajo condiciones de hipoxia permitiendo la vasodilatación de capilares para irrigar los músculos pectorales y eliminar catabolitos tóxicos, pero a la vez incrementa el daño oxidativo. Por ello, suplementar arginina incrementando la ratio con la lisina puede ser una opción para disminuir la aparición de miopatías. Bodle et al. (2018) observaron una reducción en la aparición de pechuga de madera en broilers a 45 días si incrementaban la ratio arginina:lisina en todos los piensos que emplearon. Sin embargo, no observaron efectos sobre la incidencia de pechuga estriada ni investigaron pechuga de espagueti. Zampiga et al. (2019), con distintos niveles de suplementación de L-arginina, no vieron efectos en los parámetros

productivos, pero sí una disminución en la aparición y severidad de las estrías blancas conforme se incrementaban los niveles de ésta. Sin embargo, Christensen et al. (2015) no encontraron un efecto significativo en la presentación de pechuga de madera o estriada en machos de 53 días alimentados con diferentes ratios de arginina:lisina.

5.1.3.4.- Fitasas

El empleo de fitasas es una práctica habitual en la industria avícola para mejorar la digestibilidad del fósforo fítico que se encuentra en las plantas. Las tasas de inclusión normales varían entre 500 y 750 unidades de fitasa (FTU) por kilogramo de alimento terminado, pero se ha demostrado que la adición de esta enzima en dosis mayores a las recomendadas mejora el rendimiento del pollo de engorde.

Algunas fitasas tienen la capacidad de degradar el ácido fítico en su forma más simple (inositol) y, cuando se sobredosifican, especialmente las 6-fitasas de nueva generación, el aporte de inositol aumenta de forma considerable y por tanto aumentan sus niveles plasmáticos (Cowieson et al., 2014). Cuando este compuesto se absorbe y se fosforila nuevamente dentro de la célula, actúa como un potente antioxidante celular. Como el tejido muscular de una pechuga afectada por miopatías se encuentra bajo estrés oxidativo, los antioxidantes proporcionados al tejido problema deberían resultar beneficiosos para reducir la incidencia de miopatías. Así, se han estudiado los efectos que el nivel de fitasas en dieta podría tener sobre la incidencia y la gravedad de las miopatías del músculo de la pechuga.

York et al. (2016) describieron una reducción en la gravedad de la pechuga de madera cuando se complementó el alimento con una 6-fitasa derivada de *E. coli* en una dosis tres veces mayor que la recomendada por el fabricante. Pero también agregaron un antioxidante y minerales orgánicos al alimento, por lo que no es posible concluir que esta reducción fuese un efecto derivado exclusivamente de la dosis adicional de fitasa. Estos autores también informaron de un aumento en el rendimiento de carne de la pechuga y en los parámetros de rendimiento vivo de los animales. Por lo tanto, es posible que las dosis superiores de fitasa (>750 FTU) puedan respaldar un rendimiento del pollo de engorde óptimo sin aumentar el riesgo de que se produzcan miopatías del músculo de la pechuga.

Otros estudios como el de Greene et al. (2019) concluyeron que las dietas enriquecidas con fitasas modulan la expresión de genes sensibles al oxígeno en el músculo de la pechuga del pollo, reduciendo sensiblemente la incidencia de miopatías en la canal de los animales alimentados con estas dietas y mejorando su crecimiento y conversión alimenticia.

5.1.3.5.- Vitaminas

El estrés oxidativo se produce cuando el nivel de producción de especies reactivas de oxígeno (formadas por iones de oxígeno, radicales libres y peróxidos orgánicos e inorgánicos), moléculas muy pequeñas con una capa de electrones no apareada que las vuelve altamente reactivas, supera la capacidad del cuerpo para enfrentarse a ellas. Niveles crónicos elevados de estrés oxidativo pueden dañar los fosfolípidos de la membrana celular, las proteínas y el ADN y llevar a altas tasas de apoptosis y muerte celular (Mayne, 2003; Iqbal et al., 2004).

La vitamina C es un potente agente antioxidante hidrosoluble capaz de eliminar algunas especies reactivas de oxígeno, mejorar resultados productivos y el estado inmunológico del ave (El-Senousey et al., 2018). Además, se pueden dar deficiencias de ésta en situaciones de estrés calórico.

La vitamina E es otro efectivo antioxidante liposoluble capaz de reaccionar directamente con las especies reactivas de oxígeno transformándolos en productos más estables, actuando

como rompedor de cadena, además de mejorar la respuesta inmunitaria humoral y celular en los broilers (Jena et al., 2013).

En recientes estudios se apunta a un aporte de niveles óptimos de vitaminas para cubrir las necesidades metabólicas de las aves como estrategia para reducir y minimizar las consecuencias del estrés oxidativo y favorecer el desarrollo muscular desde la miogénesis, mejorando la calidad de la carne, más que el trabajo con una sola vitamina (Kuttappan et al., 2012c; Cinar et al., 2014).

El proceso de granulación o peletización puede afectar a la estabilidad de estas vitaminas, por lo que será necesario presentarlas de forma más resistente a las condiciones de granulación, microencapsuladas o formando complejos, o bien incrementar la concentración de éstas.

5.1.3.6.- Microminerales

Se están estudiando también estrategias de combinación de microminerales orgánicos con antioxidantes, selenio, zinc, manganeso y cobre, para el correcto desarrollo de los tejidos y eliminación de radicales libres.

Cemin et al. (2018), evaluando diferentes concentraciones de selenio en la dieta, encontraron un menor porcentaje de pechuga de madera en animales que no habían recibido selenio a través de la dieta, pero estos animales también presentaron bajos resultados zootécnicos. Los broilers que recibieron niveles adecuados de selenio en sus dietas presentaron mayor ganancia de peso y desarrollo corporal y mayores rendimientos de carcasa y pechuga, lo que ocasionó una elevada tasa de pechuga de madera.

El zinc tiene un importante papel en los sistemas enzimáticos que mantienen el rendimiento y la salud de los animales y generan antioxidantes: lactato deshidrogenasa, fosfatasa alcalina, carboxipeptidasa pancreática y superóxido dismutasa. El manganeso es esencial tanto para la formación de los huesos como para mejorar la fosforilación oxidativa mitocondrial y la síntesis de ácidos grasos (Leeson y Summers, 2001). Una concentración intracelular elevada de zinc y manganeso puede restaurar la protección contra el estrés oxidativo (Reddi et al., 2009; Oteiza, 2012).

El zinc y el cobre son también esenciales para la integridad de los epitelios y los vasos sanguíneos. Tradicionalmente se formulaban las dietas con minerales inorgánicos, óxidos y sulfatos. A los sulfatos se les atribuye mayor biodisponibilidad, pero pueden generar iones reactivos, que promueven la formación de radicales libres y peróxidos e incluso la disminución de palatabilidad del pienso (Miles et al., 1998; Lu et al., 2010).

La quelación de minerales con aminoácidos, como metionina y lisina, ha permitido transformarlos en una forma orgánica, facilitando su absorción y aprovechamiento por el organismo. Estos oligoelementos ligados orgánicamente (quelatos) tienen mayor disponibilidad y estabilidad en el tracto digestivo de las aves (Wedekind et al., 1992; Bao et al., 2007; Yu et al., 2010). Existen numerosos estudios que prueban que el empleo de quelatos mejora el índice de conversión y consiguen un mayor peso corporal de los broilers (Khatun et al., 2019; Baloch et al., 2017; Vinus y Maan, 2021), además de reducir la cantidad de minerales excretada al medio ambiente. Pacheco et al. (2021) no observaron el incremento en la aparición de miopatías que se podría esperar al mejorar los rendimientos, a pesar de observar una correlación positiva entre el uso de metionina de zinc y manganeso en lugar de zinc y magnesio inorgánico respecto al índice de conversión, el peso corporal y el rendimiento del músculo de la pechuga. Se ha demostrado que el uso de cobre, zinc y manganeso ligados a un compuesto orgánico tampoco altera las defensas contra la oxidación en los broilers (Aksu, 2010).

El selenio también es un catalizador en la metabolización de antioxidantes, pero las diferencias entre una suplementación en forma orgánica o inorgánica de este mineral no

muestran resultados concluyentes (Wang y Xu, 2008). Actualmente se emplean combinaciones de minerales orgánicos e inorgánicos.

Los hidroxiligoelementos son una nueva categoría de minerales que pertenecen al grupo de las fuentes inorgánicas, pero se presentan en forma de estructura químicamente estable, muy similar a las de los quelatos, con grupos -OH unidos covalentemente al metal. Son relativamente insolubles en agua y esto implica que sean menos reactivos en piensos y premezclas, resultando en una mejora de la estabilidad vitamínica y menor oxidación de los lípidos. Esto permite liberarlos lentamente a lo largo de todo el intestino delgado generando una mayor absorción e incrementando los efectos beneficiosos sobre la salud intestinal (Luo et al., 2005).

En broilers, se observó una mayor biodisponibilidad del cobre en forma de hidroxiligoelemento en contraste con el sulfato de cobre (Klasing y Naziripour, 2010). El uso de zinc hidroxiligoelemento, como el *IntelliBond Cu*[®], un hidroximineral de baja solubilidad, lo que permite mayor estabilidad y menor interacción con otros nutrientes, proporcionó una mayor ganancia diaria, mejor conversión del pienso y un mayor peso de la pechuga (Olukosi et al., 2018).

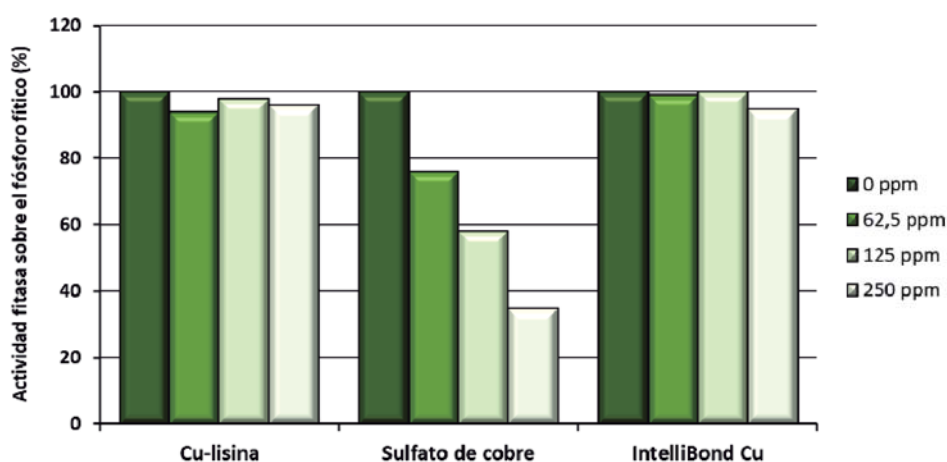


Figura 71. Impacto de dosis crecientes de diferentes fuentes de cobre en la actividad fitasa sobre el fósforo fitico (Modificado de Pang y Applegate, 2006)

Dosis crecientes de sulfato de cobre tuvieron un impacto negativo sobre la hidrólisis del fósforo fitico al formar complejos insolubles con el fitato (Figura 71) debido a su alta solubilidad y reactividad. Sin embargo, ni el cobre incorporado en forma de hidroxiligoelemento ni en forma de quelato de lisina influyeron en la hidrólisis del fósforo (Pang y Applegate, 2006).

La estabilidad mejorada de los ingredientes sensibles del pienso debida al uso de fuentes de oligoelementos más estables y no reactivas como quelatos o hidroxiligoelementos en comparación con los sulfatos ha sido, por tanto, demostrada en un gran número de estudios (Nollet et al., 2008). Los resultados se basan en las características no higroscópicas y no reactivas, y por tanto también no pro-oxidativas, de estas fuentes de oligoelementos.

Para Parr et al. (2013) el uso de zinc como hidroxiligoelemento (*IntelliBond Zn*[®]) en broilers proporcionó una mayor ganancia diaria, un mejor índice de conversión del pienso y mayor peso de la de pechuga (Figura 72).

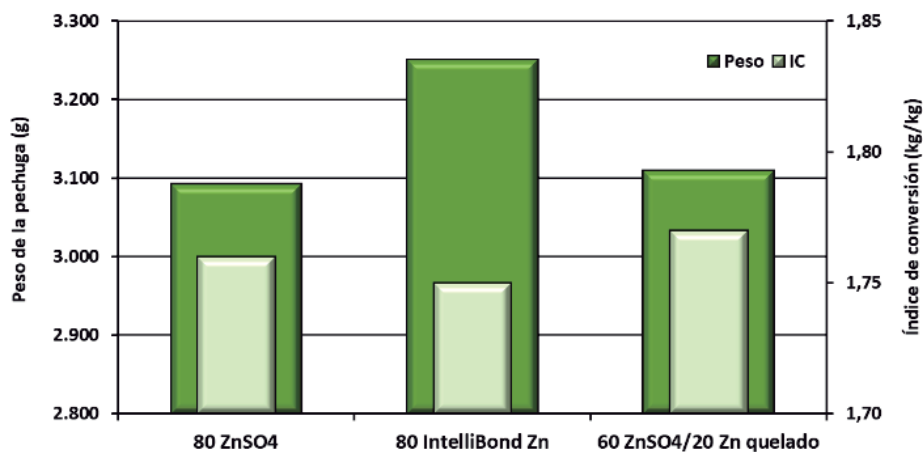


Figura 72. Impacto de diferentes fuentes de Zinc en el peso corporal y la conversión en broilers (Modificado de Parr et al., 2013)

Para Nguyen et al. (2021) la suplementación con hidroxiclورو de zinc mejora el desarrollo óseo de la tibia y la salud intestinal de los broilers con respecto al empleo de una combinación de óxido y sulfato de cobre.

Es importante destacar que en Europa se han reducido mucho los niveles máximos permitidos de zinc y cobre por una posible correlación con la resistencia a los antibióticos, así como para disminuir la presión sobre el medio ambiente (Reglamento (CE) 1334/2003; Reglamento (CE) 479/2006).

5.2.- OBJETIVOS

Debido al incremento de la aparición de miopatías que se observa en la actualidad se hace necesario implementar una estrategia nutricional que reduzca su incidencia, a ser posible, sin alterar excesivamente los resultados zootécnicos de los animales. Esto es especialmente relevante en el caso de la venta de canales enteras que no permiten atenuar el problema con el procesado de las pechugas afectadas.

La presentación del pienso en harina parece la opción más sencilla para reducir la velocidad de crecimiento, mejorar la maduración estructural de los tejidos y disminuir la frecuencia de aparición de lesiones y alteraciones en las canales. Esta es la solución aportada por los departamentos de nutrición, aunque otro abordaje posible sería el empleo de un pienso en gránulo (pellets) con un perfil nutricional más bajo que el estándar para moderar crecimientos y asemejarlos a los de la harina, contando a la vez con las ventajas que supone la granulación.

Por todo ello se plantean los siguientes objetivos:

1. Comparar el empleo de dos programas de alimentación, ambos destinados al cebo de broilers, uno con piensos de crecimiento y finalización en harinas (control) y otro con piensos granulados (prueba), formulados con el propósito de moderar el crecimiento de los animales, evaluando los parámetros productivos de ambos.
2. Determinar la influencia de estos programas de alimentación sobre la incidencia de defectos de calidad en las canales.
3. Describir la estrategia de alimentación más adecuada para disminuir los problemas de miopatías.

5.3.- MATERIAL Y MÉTODOS

5.3.1.- Núcleos avícolas

Las pruebas correspondientes a este capítulo se realizaron en los núcleos *Altapedra*, *Cortegada*, *Piuca*, *Ponterio* y *Xironda*, todos ellos descritos en el anterior capítulo (páginas 129 a 142). Se incluyen dos núcleos más por poseer similares características en cuanto a instalaciones y manejo: *Portomarín* (Aviporto, S.L.) y *Fontao* (Aviporto, S.L.).

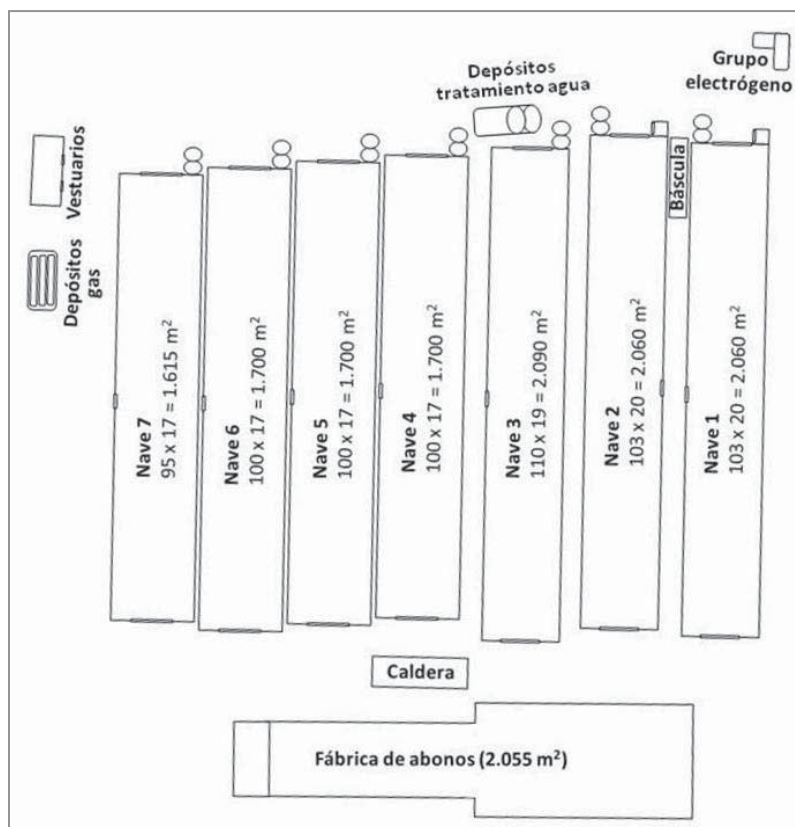
5.3.1.1.- Núcleo avícola *Portomarín*

Portomarín es una granja destinada a la producción de pollo de engorde situada en el municipio de Portomarín, provincia de Lugo (Figura 73). La granja dispone de un total de siete naves de ambiente controlado con una capacidad total de 200.000 pollos. Se realizan 5,5 crianzas por año, con una media de 190.000 pollos/crianza, lo que corresponde a un total de 1.045.000 pollos/año. Es atendida por dos operarios a jornada completa y uno a media jornada, lo que se corresponde con 418.000 pollos/operario/año.



Figura 73. Vista aérea del núcleo avícola *Portomarín*

Las naves 1 y 2 tienen 20 metros de ancho por 103 metros de largo, la nave 3 es de 19 metros de ancho por 110 metros de largo, las naves 4, 5 y 6 tienen 17 metros de ancho por 100 metros de largo y la nave 7 cuenta con 17 metros de ancho por 95 metros de largo (Figura 74). Delante de las naves 3 y 4 se encuentra un edificio correspondiente a los depósitos de agua y su sistema de higienización. En la parte posterior de las naves 5 y 6 se encuentra la caldera de biomasa que alimenta los aerotermos de las naves 4 a 7. Todas las naves tienen un almacén en la entrada donde se sitúa el ordenador de control, el sistema de humidificación, el sistema de alarma y el dosificador de medicamentos.


 Figura 74. Distribución y dimensiones de las naves del núcleo avícola *Portomarín*

Todas las naves tienen, además, extracción forzada de aire, si bien las naves 1, 2 y 3 tienen un sistema de extracción tipo túnel con trampillas a ambos lados de las naves, y las naves 4, 5 y 7 poseen ventilación lateral. Las naves 1, 2 y 3 tienen ventiladores en la fachada trasera de la nave con una capacidad de 42.000 m³/h, y los ventiladores de las naves a 4 a 7 están en los laterales de las naves y su capacidad de extracción es de 20.000 m³/h (Tabla 34).

 Tabla 34. Descripción de los sistemas de ventilación de las naves en el núcleo avícola *Portomarín*

Nave	1	2	3	4	5	6	7
Tipo ventilación	Túnel	Túnel	Túnel	Lateral	Lateral	Lateral	Lateral
Nº ventiladores lateral				16	16	16	15
Caudal lateral total (m ³ /h)				320.000	320.000	320.000	300.000
Nº ventiladores túnel	14	14	12				
Caudal túnel total (m ³ /h)	42.000	42.000	42.000				
Caudal total (m ³ /h)	588.000	588.000	504.000	320.000	320.000	320.000	300.000
Tipo de entrada de aire	Dos lados	Dos lados	Dos lados	Lado dcho	Lado izdo	Lado dcho	Lado izdo
Equipo de control	Tuffigo Avistar	Tuffigo Avistar	Tuffigo Avistar	Tuffigo Avistar	Tuffigo Avistar	Tuffigo Avistar	Tuffigo Avistar

El sistema de calefacción consta de campanas Alke Global 8[®] en las naves 1, 4, 5 y 7, Alke 5000 K[®] en la nave 2 y Pilot Infraconic 12000[®] en la nave 6. La nave 3 tiene tres generadores de propano. Además, las naves 4, 5, 6 y 7 tienen un sistema de aerotermos (tres por nave) en la parte interior central. El sistema de refrigeración consiste en boquillas de nebulización a alta presión en todas las naves.

Los ordenadores de control son todos Tuffigo Avistar[®].

5.3.1.2.- Núcleo avícola *Fontao*

Fontao es una explotación avícola destinada a la producción de pollo de engorde situada en el municipio de Lugo (Figura 75). La granja dispone de un total de tres naves de ambiente controlado con una capacidad total de 65.000 pollos. Se realizan 5,5 crianzas por año, con una media de 60.000 pollos/crianza, lo que supone un total de 330.000 pollos/año, atendidos por un operario a tiempo completo.

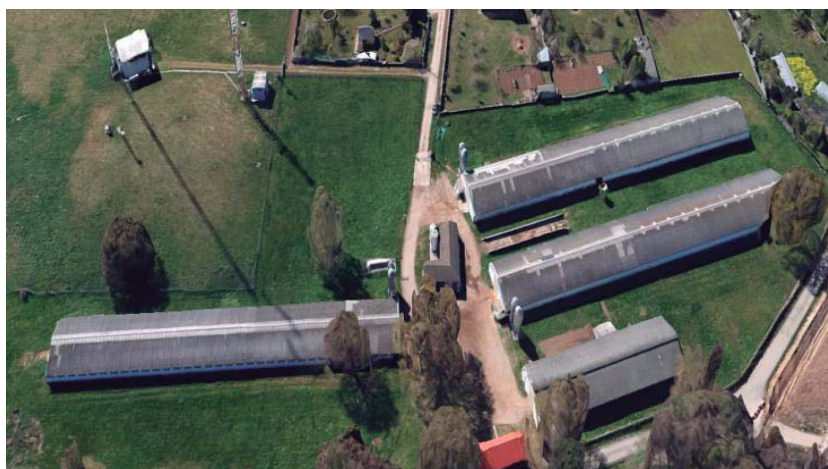


Figura 75. Vista aérea del núcleo avícola *Fontao*

Las tres naves tienen 13 metros de ancho por 106 de largo. En la entrada de cada nave hay un pequeño almacén donde se encuentran el ordenador de control, el sistema de alarma, el sistema de humidificación y el dosificador de medicamentos. Al igual que los demás núcleos, todas las naves disponen de suelos de hormigón (Figura 76).

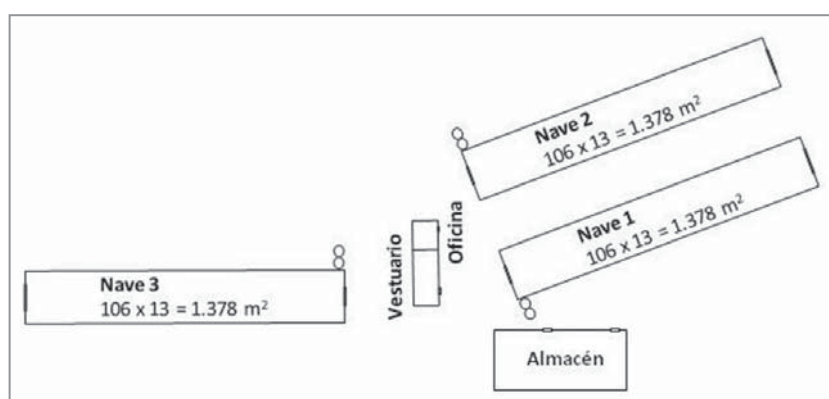


Figura 76: distribución y dimensiones del núcleo avícola *Fontao*

La ventilación es lateral, con 9 ventiladores en cada nave. De estos 9 ventiladores, 5 tienen una capacidad extractiva de 20.000 m³/h y 4 son de 40.000 m³/h. La entrada de aire es mediante trampillas Tuffigo® en el lateral derecho de las naves (Tabla 35).

Tabla 35. Descripción de los sistemas de ventilación de las naves en el núcleo avícola *Fontao*

Nave	1, 2, 3
Tipo ventilación	Lateral
Nº ventiladores lateral	9 (5 x 20.000 m ³ /h y 4 x 40000 m ³ /h)
Caudal lateral total (m ³ /h)	260.000
Localización entradas de aire	Derecha
Tipo de entrada de aire	Trampilla Tuffigo
Equipo de control	Tuffigo Avistar

El sistema de calefacción consiste en tres turbos de propano por nave, dispuestos en zigzag en la parte anterior, media y posterior. El sistema de refrigeración es mediante boquillas de nebulización de alta presión.

Los ordenadores de control son Tuffigo Avistar®.

5.3.2.- Presentación del pienso

En la Tabla 36 se muestran los diferentes tipos de pienso, según su denominación, que componen los dos programas de alimentación que se evaluarán a lo largo de este estudio. Asimismo, se incluyen en esta tabla su presentación, su porcentaje de trigo entero añadido y la edad del broiler para la que están indicados cada uno de los piensos. En ambos programas se trata de garantizar un arranque óptimo del animal.

Tabla 36. Descripción de los piensos que forman parte de los programas de alimentación ensayados

Programa	Denominación pienso	Días	Presentación	Trigo (%)
Programa de alimentación control	Iniciación Broilers	0-10	Micropellet	0
	Desarrollo Broilers	11-19	Migas medias	5
	Terminado BP	20-26	Grano corto	11
		27-34	Harina gruesa	0
	Superterminado Broilers	35-47	Harina gruesa	0
Programa de alimentación prueba	Iniciación Broilers	0-10	Migas	0
	Desarrollo Broilers TR	11-18	Grano	5
	Terminado BP TR	19-34	Grano	12
	Superterminado Broilers TR	35-47	Grano	12

En el programa de alimentación control, desde los 27 días los piensos se presentan como harina de molienda gruesa, mientras que en el programa prueba los piensos son peletizados desde los 11 días hasta el final. No se administraron piensos en harina durante los primeros 20 días de vida de los animales ya que múltiples trabajos demuestran que se alcanzan peores resultados zootécnicos, además de que el pienso en gránulo o pellets permite garantizar una

correcta distribución de los componentes del pienso durante las fases críticas de la crianza (Serrano et al., 2012; McKinney y Teeter, 2004).

La presentación de los piensos de iniciación (0-10 días de vida) es diferente en cada programa. En el caso del control se presenta como un micropellet de 2,4 mm, sin apenas finos (partículas de menos de 1 mm), en tanto que en la prueba se trata de una miga de pequeño tamaño.

El pienso de desarrollo (11-18 días de vida) en el programa control se presentó como una miga intermedia obtenida a partir de un grano de 3,5 mm que se rompe en tamaños más pequeños. En el programa prueba ya se incorpora la presentación en pellets.

El pienso de terminado en el programa control es un grano corto hasta los 26 días para garantizar una correcta mezcla de nutrientes, el cumplimiento del programa anticoccidial y una transición poco brusca al cambio de presentación, pasando después a harina gruesa desde los 27 a los 35 días, y el último pienso (superterminado) también se presenta como harina gruesa.

Los piensos de terminado (18-34 días de vida) y superterminado (35-45 días de vida) del programa de alimentación en prueba tienen una presentación en gránulo.

El porcentaje total de trigo es similar en los piensos de desarrollo y terminado de ambos programas de alimentación con la salvedad del pienso de terminado control en el que, al pasar de gránulo a harina, se deja de suministrar trigo entero.

5.3.2.1.- Fabricación de los piensos

Para la elaboración de los piensos control se dispone de un molino de martillos y los piensos del programa prueba se fabrican con un molino de rodillos, por tratarse de fábricas distintas. La principal ventaja del uso del molino de rodillos es la reducción en el tamaño medio de partícula, con un aumento de la uniformidad y una reducción en la formación de finos en el pienso (Pérez-Bonilla, 2013), respecto al empleo del molino de martillos. Las parrillas para las harinas son de 6 mm, y las del pienso granulado son de 3 mm de diámetro.

Durante la fabricación de los piensos se lleva a cabo un control de calidad propio en el que se incluye un plan de muestreo con análisis periódicos tanto químicos como microbiológicos. Por otra parte, las fábricas implicadas en la elaboración de los piensos de ambos programas de alimentación están integradas en el sistema de control conjunto Galicia Alimentos Seguros (Galis), creado en 2005, que engloba a 54 fábricas de alimentación animal y representan el 96 % de la producción de pienso gallego. El control consiste en muestreos representativos de las materias primas con las que se elaboran los piensos que se realizan durante las descargas de barcos, en almacenes portuarios y del interior de la Península Ibérica. El sistema coordina todos los análisis vía NIRS de materias primas destinadas a alimentación animal y asesora en planes APPCC, desarrolla planes de I+D+i y establece sistemas de alerta rápida coordinada en caso de crisis alimentaria (Agafac, 2020).

Los piensos de ambos programas de alimentación son formulados por el departamento de nutrición de la cooperativa. Dicha formulación se basa en tablas holandesas que buscan la eficiencia alimenticia y la reducción de emisiones para una mayor sostenibilidad de las producciones. En el caso del programa de prueba, la formulación se hace bajo el asesoramiento de una empresa externa de origen holandés enfocada a la nutrición de precisión, líder en nutrición animal a nivel mundial, y con un enfoque holístico que integra nutrición, manejo y salud animal.

5.3.3.- Composición del pienso

En este apartado se describe la composición de los piensos de iniciación, desarrollo, terminado y superterminado de los programas de alimentación en los que se basa el presente estudio.

5.3.3.1.- Pienso de iniciación para broilers

El pienso de iniciación en el caso del programa control es un pienso presentado como micropellet y en el programa prueba es un pienso en migas (Tabla 37). La presentación en migas podría favorecer el consumo de los broilers en los dos o tres primeros días, mientras que el micropellet lo haría el resto de los días (Barragan, 2012).

Tabla 37. Composición del pienso de iniciación para broilers

Materia prima	Pienso de iniciación control (%)	Pienso de iniciación prueba (%)
Trigo	20,00	20,00
Maíz	35,47	36,60
Aceite de soja	3,40	1,60
Torta girasol	1,40	3,50
Soja 47 (harina)	35,00	30,90
Palbio	-	2,00
DDGS maíz	-	1,25
Carbonato	1,50	1,50
Fosfato monocalcico	0,80	0,70
Sal	0,28	0,23
Corrector	2,15	1,72

Los piensos de iniciación, tanto del programa control como del programa prueba, se caracterizan por ser elaborados con materias primas de muy elevada calidad.

El *Palbio* es un concentrado proteico obtenido por hidrólisis enzimática de la mucosa intestinal porcina y que contiene un 51,6 % de proteína bruta. Este componente incrementa la digestibilidad de la dieta y el consumo de alimento. Los granos secos de destilería con solubles (DDGS), son coproductos de la obtención de alcohol a partir de maíz y aportan un 28 % de proteína bruta.

La harina de soja es uno de los componentes mayoritarios de ambos piensos, lo que supone el mayor coste de las materias primas incluidas en su formulación. En el programa de alimentación prueba, la menor cantidad de harina de soja se compensa con el *Palbio* y los DDGS.

En ambos programas, las proporciones de trigo y maíz son similares, y ambos incorporan una combinación sinérgica y optimizada de antioxidantes sintéticos y quelantes de metales.

En el caso del programa de alimentación control los correctores incluidos en el pienso añaden vitaminas, enzimas, antioxidantes naturales, fitasas y minerales quelados a aminoácidos.

Los antioxidantes naturales incluidos en el pienso de iniciación del programa de alimentación control sustituyen parcialmente a la vitamina E, disminuyen el estrés oxidativo y protegen las *tight junction*, o uniones estrechas de los enterocitos, controlando el flujo paracelular y evitando la entrada de agentes patógenos o tóxicos a través de la mucosa intestinal.

En el caso del programa de alimentación prueba, el corrector incluido en el pienso de iniciación incorpora en su composición polifenoles antioxidantes liposolubles, hidrosolubles y bifásicos que actúan de manera sinérgica para prevenir el estrés oxidativo y la formación de radicales libres en animales de elevada producción como son los broilers, dado su rápido metabolismo. Al igual que sucede en el programa control, estos antioxidantes también sustituyen parcialmente la vitamina E.

En la Tabla 38 se muestran los componentes analíticos del pienso de iniciación para broilers de los programas de alimentación control y prueba. La energía metabolizable y las proporciones de aminoácidos son muy similares porque ambos tratan de alcanzar el mejor arranque posible de los animales.

Tabla 38. Componentes analíticos del pienso de iniciación para broilers

Componente analítico	Pienso de iniciación control	Pienso de iniciación prueba
EM: aves (kcal/kg)	2.960,80	2.958,80
Lisina (%)	1,20	1,20
Metionina (%)	0,63	0,63
Treonina (%)	0,78	0,78
Triptófano (%)	0,23	0,25
Arginina (%)	1,31	1,33
Valina (%)	0,92	0,92
Proteína bruta (%)	21,81	22,01
Fibra bruta (%)	3,06	3,48
Extracto etéreo (%)	5,56	3,99
Cenizas (%)	5,82	5,62
Calcio (%)	0,97	0,96
Fósforo (%)	0,43	0,43
Sodio (%)	0,18	0,19

Los minerales quelados a aminoácidos del pienso de iniciación control son quelatos de hidroxianálogo de metionina, que liberan mayor cantidad de micromineral a las células y los tejidos en comparación con otras fuentes minerales (Decoux y Díez, 2012). Además, incrementan la resistencia del intestino a la ruptura, así como la respuesta inmune a la infección por coccidios, mejorando la respuesta a la vacunación en broilers (Richards et al., 2006). También se ha comprobado que se reduce el estrés oxidativo en aves alimentadas con quelatos de zinc (Richards et al., 2011).

Respecto a los minerales del pienso de iniciación prueba, se incluyen en su formulación zinc y cobre en forma de trihidroxicloruro de cobre e hidroxicloruro de zinc monohidratado, consiguiendo de esta manera una liberación lenta a lo largo de todo el intestino delgado y favoreciendo su absorción.

En ambos piensos de iniciación, tanto control como prueba, se emplean 6-fitasas cuya función es hidrolizar el ácido fítico en la posición 6 a inositol fosfato. Estas fitasas se emplean a dosis máximas, lo que permite reducir ligeramente la lisina respecto a las recomendaciones nutricionales, reduciendo el crecimiento de la pechuga y alcanzando un desarrollo más armónico de este músculo.

Hay que destacar que en ambos programas de alimentación la cantidad de vitaminas va disminuyendo progresivamente desde el pienso de iniciación al superterminado en función de las necesidades de los animales. Asimismo, en ambos programas se emplea ácido linoleico como fuente de grasa, lo que facilita la absorción de vitaminas liposolubles y mejora la palatabilidad del pienso (Mateos et al., 1995).

El porcentaje de lisina se refiere a lisina digestible, que normalmente es un 88,4 % del total de este aminoácido.

El sodio en esta primera etapa de vida de los broilers es muy importante para optimizar su rendimiento productivo y no compromete la humedad de las excretas como en otras fases (Maiorka et al., 1998; Vieira et al., 2003).

5.3.3.2.- Pienso de desarrollo para broilers

Las diferencias más destacadas entre los piensos de desarrollo de ambos programas de alimentación son que se incrementa la proporción de trigo con respecto al maíz y se reduce la cantidad de soja en el programa de alimentación prueba (Tabla 39). La proporción de trigo entero añadido fue la misma en ambos piensos (5 %).

Tabla 39. Composición del pienso de desarrollo para broilers

Materia prima	Pienso de desarrollo control (%)	Pienso de desarrollo prueba (%)
Trigo	20,40	26,15
Maíz	35,01	34,31
Manteca	4,05	1,85
Aceite de soja	-	0,50
Torta girasol	4,00	4,00
Soja 47 (harina)	31,25	26,67
DDGS maíz	-	2,53
Bicarbonato	0,06	-
Carbonato	1,60	1,58
Fosfato monocálcico	0,88	0,82
Sal	0,30	0,25
Corrector	2,42	1,34

La presentación también difiere. En el caso del programa control la presentación del pienso de desarrollo es en forma de miga media, con una ausencia casi total de finos, mientras que en el programa prueba ya se introduce el pellet completo. La fracción originada durante el proceso de granulación puede romper las estructuras celulares y liberar la grasa de ciertos ingredientes. Esto permite una mayor accesibilidad de las enzimas endógenas a la grasa y mejora su digestibilidad. Por tanto, con dietas ricas en maíz o en aceite y soja integral tostada la granulación puede mejorar considerablemente la digestibilidad del extracto etéreo (Mateos et al., 2005) pero se debe tener en cuenta también que en ocasiones puede derivar en un incremento de la dureza del grano del pienso obtenido.

El porcentaje de lisina es idéntico en el pienso de desarrollo de ambos programas de alimentación (Tabla 40). En el caso de otros aminoácidos esenciales como la metionina,

triptófano y arginina, se produce una ligera dilución en el programa de alimentación prueba debido a la adición de trigo entero.

Tabla 40. Componentes analíticos del pienso de desarrollo para broilers

Componente analítico	Pienso de desarrollo control	Pienso de desarrollo prueba
EM: aves (kcal/kg)	2.999,50	2.965,00
Lisina (%)	1,10	1,10
Metionina (%)	0,60	0,55
Treonina (%)	0,75	0,72
Triptófano (%)	0,23	0,22
Arginina (%)	1,26	1,19
Valina (%)	0,87	0,83
Proteína bruta (%)	20,8	20,0
Fibra bruta (%)	3,41	3,55
Extracto etéreo (%)	6,76	4,26
Cenizas (%)	5,77	5,47
Calcio (%)	1,00	1,00
Fósforo (%)	0,44	0,44
Sodio (%)	0,17	0,17

5.3.3.3.- Pienso de terminado para broilers

El pienso de terminado para broilers de ambos programas de alimentación se elabora principalmente con trigo y maíz (Tabla 41).

Tabla 41. Composición del pienso de terminado para broilers

Materia prima	Pienso de terminado control (%)	Pienso de terminado prueba (%)
Trigo	50,00	50,00
Maíz	10,00	10,00
Manteca	5,75	3,75
Colza	2,00	1,67
Torta girasol	3,48	5,00
Soja 47 (harina)	21,33	21,72
Soja Integral	2,27	-
DDGS maíz	1,10	4,00
Bicarbonato	0,02	-
Carbonato	1,28	1,47
Fosfato monocalcico	0,48	0,40
Sal	0,33	0,28
Corrector	1,96	1,71

Hay que destacar que la cantidad de manteca incluida en la formulación del pienso de terminado prueba se incrementa respecto al pienso de desarrollo, pero en todo caso continúa siendo inferior a la empleada en la formulación del pienso de terminado del programa control.

Según se ha descrito anteriormente, en el caso del control el pienso de terminado se emplea hasta los 26 días de vida como grano corto al que se añade un 11 % de trigo. A partir de esa edad, se cambia la presentación a un pienso en forma de harina gruesa. De esta manera se busca una máxima eficacia y homogeneidad en el consumo de nutrientes hasta que el animal tenga una edad en la que el cambio a harina sea menos traumático.

El pienso de terminado prueba se administra en forma de grano con trigo entero añadido, en mayor proporción que el pienso de desarrollo de este mismo programa y similar al primer pienso de terminado del programa control, con un 11 % y 12 % respectivamente.

Tal y como se recoge en la Tabla 42, los niveles de lisina se mantienen en proporciones idénticas en los piensos de desarrollo de ambos programas de alimentación.

Tabla 42. Componentes analíticos del pienso de terminado para broilers

Componente analítico	Pienso de terminado control	Pienso de terminado prueba
EM: aves (kcal/kg)	3.088,70	3.020,70
Lisina (%)	1,08	1,08
Metionina (%)	0,51	0,49
Treonina (%)	0,68	0,66
Triptófano (%)	0,21	0,21
Arginina (%)	1,12	1,14
Valina (%)	0,79	0,81
Proteína bruta (%)	19,30	19,80
Fibra bruta (%)	3,44	3,85
Extracto etéreo (%)	8,00	5,83
Cenizas (%)	4,82	4,94
Calcio (%)	0,81	0,90
Fósforo (%)	0,37	0,24
Sodio (%)	0,17	0,18

5.3.3.4.- Pienso de superterminado para broilers

En los piensos de superterminado de ambos programas se mantienen las diferencias en la composición en grasa (Tabla 43). En ambos programas de alimentación, en el pienso de superterminado, la energía metabólica presenta niveles orientados a moderar el crecimiento de los animales consiguiendo así un desarrollo más armónico de la pechuga. Asimismo, en el pienso de superterminado del programa prueba se reduce ligeramente la proporción de los aminoácidos y se incrementan los niveles de sodio.

Tabla 43. Composición del pienso de superterminado para broilers

Materia prima	Pienso de superterminado control (%)	Pienso de superterminado prueba (%)
Cebada	-	1,72
Trigo	55,00	55,00
Maíz	10,00	10,00
Manteca	5,83	2,95
Colza	0,73	3,00
Torta girasol	4,17	6,00
Soja 47 (harina)	19,67	16,05
DGS maíz	-	2,00
Soja Integral	0,78	-
Bicarbonato	0,11	0,06
Carbonato	1,45	1,40
Fosfato monocálcico	0,17	-
Sal	0,32	0,32
Corrector	1,77	1,56

La composición analítica de los piensos de superterminado se muestra en la Tabla 44.

Tabla 44. Componentes analíticos del pienso de superterminado para broilers

Componente analítico	Pienso de superterminado control	Pienso de superterminado prueba
EM: aves (kcal/kg)	3.116,00	3.017,00
Lisina (%)	0,98	0,90
Metionina (%)	0,47	0,43
Treonina (%)	0,63	0,61
Triptófano (%)	0,19	0,19
Arginina (%)	1,04	1,02
Valina (%)	0,73	0,73
Proteína bruta (%)	17,98	18,00
Fibra bruta (%)	3,31	4,03
Extracto etéreo (%)	7,71	5,01
Cenizas (%)	4,53	4,40
Calcio (%)	0,81	0,80
Fósforo (%)	0,31	0,30
Sodio (%)	0,19	0,21

5.3.4.- Descripción del ensayo

La crianza de los broilers se realizó entre los meses de abril y octubre de 2018 en los núcleos anteriormente citados, con similares características en cuanto a manejo y parámetros ambientales. En cada granja se suministró a la mitad de las naves el programa de alimentación

control, el que se estaba empleando en la cooperativa, y en la otra mitad el programa de alimentación prueba. Los ensayos se llevaron a cabo tanto en naves de machos como de hembras.

Al final de cada ciclo, se evaluaron los parámetros productivos ya descritos en el apartado de material y métodos del Capítulo I:

- peso vivo final
- ganancia media diaria
- índice de conversión
- mortalidad
- factor de eficiencia europeo

En la planta de procesado se realizó el control de calidad de 215 aves de cada camión entrado a cada línea de sacrificio por parte de personal especializado, analizándose la incidencia de los siguientes defectos de las canales:

- pododermatitis
- pechuga de madera
- pechuga de espagueti

Se consideró pechuga de madera cuando ésta presentaba partes pálidas y abultadas con consistencia endurecida, petequias superficiales o exudado (Soglia et al., 2019). Por otra parte, la pechuga de espagueti se identificó con la separación de las fibras musculares, observándose una carne con apariencia pulposa y que se deshace fácilmente al manipularla (Baldi et al., 2018).

5.3.4.1.- Distribución de los lotes experimentales

Participaron en el estudio 135 lotes de cebo de broilers. Teniendo en cuenta la administración de ambos programas de alimentación, se incluyeron en el estudio un total de 62 lotes de aves alimentadas con el programa control mientras que los restantes 73 lotes utilizaron el programa prueba.

Los lotes con los que se trabajó son de la estirpe *Ross 308*. Se descartó el empleo de la estirpe *Cobb* por presentar una menor incidencia de problemas de pechuga graves con respecto a la *Ross* (Gratta et al., 2017), además de ser una estirpe minoritaria en la cooperativa.

Las densidades de cría (Tabla 45) difieren en función del sexo de los animales, de manera que se ajustan a normativa y en ningún caso superan los 39 kg/m² al final del ciclo. Así, las hembras se alojan a razón de 18,05 aves/m² y los machos a 15,45 aves/m². Por otra parte, la edad de sacrificio es muy similar en ambos casos.

Tabla 45. Densidad y días de cebo de los lotes experimentales

Sexo	Densidad de cebo (aves/m ²)	Días de cebo (días)
♂	15,45	47,3
♀	18,05	46,8

Los broilers machos constituyeron un total de 73 lotes, mientras que 62 lotes estaban formados por broilers hembras (Tabla 46).

Tabla 46. Distribución de los lotes experimentales de broiler (br.)

Núcleo avícola	Sexo	Programa de alimentación 1	Programa de alimentación 2	Total	
<i>Altapedra</i>	♂	9 lotes 255.488 br.	7 lotes 193.757 br.	16 lotes 449.245 br.	29 lotes 882.820 br.
	♀	4 lotes 131.684 br.	9 lotes 301.891 br.	13 lotes 433.575 br.	
<i>Cortegada</i>	♂	5 lotes 136.497 br.	5 lotes 140.335 br.	10 lotes 276.832 br.	24 lotes 727.200 br.
	♀	7 lotes 222.823 br.	7 lotes 227.545 br.	14 lotes 450.368 br.	
<i>A Piuca</i>	♂	7 lotes 233.841 br.	6 lotes 202.553 br.	13 lotes 436.394 br.	28 lotes 971.813 br.
	♀	7 lotes 247.599 br.	8 lotes 287.820 br.	15 lotes 535.419 br.	
<i>Ponterio</i>	♂	8 lotes 202.855 br.	5 lotes 126.771 br.	13 lotes 329.626 br.	27 lotes 739.840 br.
	♀	5 lotes 143.190 br.	9 lotes 267.024 br.	14 lotes 410.214 br.	
<i>Xironda</i>	♂	5 lotes 102.431 br.	6 lotes 117.295 br.	11 lotes 219.726 br.	17 lotes 437.447 br.
	♀	3 lotes 110.332 br.	3 lotes 107.389 br.	6 lotes 217.721 br.	
<i>Portomarín</i>	♂	1 lote 25.803 br.	3 lotes 73.564 br.	4 lotes 99.367 br.	4 lotes 99.367 br.
	♀	-	-	-	
<i>Fontao</i>	♂	1 lote 18.412 br.	5 lotes 93.515 br.	6 lotes 111.927 br.	6 lotes 111.927 br.
	♀	-	-	-	
Total sexos	♂	36 lotes 975.327 br.	37 lotes 947.790 br.	73 lotes 1.923.117 br.	62 lotes 2.047.297 br.
	♀	26 lotes 855.628 br.	36 lotes 1.191.669 br.	62 lotes 2.047.297 br.	
Total		62 lotes 1.830.955 br.	73 lotes 2.139.459 br.	135 lotes 3.970.414 br.	

5.3.4.2.- Análisis estadístico

Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de un factor para comprobar la existencia de diferencias significativas entre los grupos de ensayo, considerando como efectos fijos el programa de alimentación (control vs prueba).

Posteriormente, se realizó un modelo lineal general multivariante con un intervalo de confianza del 95 % ($P < 0,05$), donde los factores fijos fueron el tipo de alimentación y el sexo de los lotes de estudio. Como variables dependientes en ambos análisis estadísticos se utilizaron los parámetros productivos y de calidad de canal. Finalmente, para las comparaciones múltiples se aplicó un test Duncan.

El programa SPSS 23.0 para Windows (IBM Corporation, NY) se utilizó para el tratamiento estadístico de todos los resultados.

5.4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores promedio de los parámetros productivos y de calidad de la canal, obtenidos en el conjunto de los lotes estudiados en este capítulo, se resumen en la Tabla 47.

Tabla 47. Media y desviación estándar de los parámetros de estudio

Parámetro de estudio	Valor
Peso vivo (kg)	2,99±0,36
Mortalidad (%)	2,97±1,70
IC (kg/kg)	1,76±0,06
GMD (g/d)	62,50±6,65
EPEF	350,14±38,74
Pododermatitis (%)	52,87±22,61
Pechuga espagueti (%)	4,91±5,66
Pechuga de madera (%)	1,73±2,46

IC: índice de conversión.

GMD: ganancia media diaria.

EPEF: índice de eficiencia europeo

Las medias permiten comprobar una reducción efectiva de la ganancia media diaria si comparamos estos resultados con los del capítulo anterior (62,50 g/día vs. 65,48 g/día con dos días menos de crianza), repercutiendo lógicamente en un descenso del índice de eficiencia europeo (350,14 vs. 368,64). El índice de conversión es más elevado también (1,76 vs 1,74) y muy alejado de los objetivos de rendimiento del *Ross* en 2017 para pollo mixto (índice de conversión de 1,73 para un peso vivo final de 3,401 a 47 días), debido a la ralentización de crecimiento ejercido tanto por la formulación en el caso del gránulo como por la combinación de formulación y presentación en el caso de la harina.

La incidencia de pododermatitis continúa en valores elevados, a pesar de que el estado de las camas se presume que mejora con las presentaciones en harina. Esto es debido probablemente al incremento de la densidad inicial, tanto en machos como en hembras con respecto a la prueba anterior (15,45 % vs 13,6 % en machos; 18,05 % vs 16,9 % en hembras), teniendo en cuenta que las quemaduras plantares se presentan ya en animales jóvenes.

En cuanto a las miopatías, se presenta mucha más incidencia de pechuga de espagueti que de pechuga de madera. Los datos de incidencia de la pechuga de espagueti son limitados y a veces contradictorios, probablemente debido a la clasificación variable entre mataderos, y a la complicación que supone la concurrencia de otras miopatías en el mismo músculo (Baldi et al., 2021). En un estudio llevado a cabo en Brasil por Montagna et al. (2019) se observó una incidencia de pechuga de espagueti en torno a un 10 %, mientras que, en Italia, según Baldi et al. (2021) un 20 % de las pechugas afectadas están afectadas por este defecto. Por lo tanto, los valores de nuestro estudio pueden considerarse buenos en términos relativos.

Con respecto a la pechuga de madera, la incidencia en el estudio realizado es también menor a la estimada por otros autores como Huang y Ahn (2018) que situaron su presencia entre el 5 % y el 10 % de las pechugas. Para Trocino et al. (2015) la incidencia de este defecto se sitúa en un 12,2 %, mientras que Owens et al (2014) reportan entre un 30 % y un 50 % de incidencia de pechuga de madera, si bien los animales de su estudio tenían mayor edad y por tanto mayor peso corporal (>4,200 kg a 56 días de edad). Gratta et al., (2017) reportan un 5,1 % de media tanto en pollos de la estirpe *Cobb* como de *Ross*. Todos estos autores emplearon en sus estudios aves alimentadas con pienso peletizado.

Sin embargo, en la publicación de Novoa et al. (2022), llevada a cabo entre los años 2016 y 2017 en el total de las explotaciones avícolas de la cooperativa, la incidencia de pechuga de madera se situaba en un 0,69 % y la de la pechuga de espagueti en un 2,94 %, en ambos casos con elevados coeficientes de variación. Esto reafirmaría la tendencia al incremento de estos problemas a lo largo del tiempo, pese a tratar de mitigarlos con el cambio de estrategia nutricional.

5.4.1.- Influencia del programa de alimentación sobre los parámetros productivos

Se evaluó la influencia del programa de alimentación empleado durante la crianza sobre los parámetros productivos de las aves, los cuales se indican en la Tabla 48.

Tabla 48. Media y desviación estándar de cada parámetro productivo respecto a los programas de alimentación estudiados

Parámetro	Programa de alimentación		Sig.
	Programa control	Programa prueba	
Peso vivo (kg)	3,00±0,35	2,98±0,38	ns
Mortalidad (%)	3,02±1,68	2,92±1,73	ns
IC (kg/kg)	1,75±0,07	1,76±0,06	ns
GMD (g/d)	62,57±6,29	62,43±6,98	ns
EPEF	352,02±38,32	348,55±39,29	ns

IC: índice de conversión. GMD: ganancia media diaria. EPEF: índice de eficiencia europeo
Sig.: Significancia estadística. ns: no significativo

No se observaron diferencias significativas en ninguno de los parámetros de producción evaluados. Así, se comprobó que es posible conseguir una ralentización del crecimiento mediante el empleo de piensos granulados o de piensos en harina formulados con este objetivo, alcanzado ganancias medias diarias inferiores al potencial de la estirpe *Ross* (73 g/d en cebos de 47 días). Con el empleo de estos piensos granulados o en harina se consigue un desarrollo muscular más armónico. La formulación del programa prueba permite equiparar el crecimiento de un pienso peletizado al de un pienso en harina.

Los resultados obtenidos, al menos desde el punto de vista de la producción, muestran que ambos programas son intercambiables, debiendo tomar en cuenta otras consideraciones a la hora de elegir una u otra presentación, como es el precio de fabricación, cada vez mayor por los precios de la energía derivados de la situación actual, o los resultados de calidad de las canales.

A diferencia de los resultados obtenidos, Klein et al. (1999) observaron un incremento del 16,8 % en el peso vivo, un 13 % más de consumo de la ración y una mejora del 4,4 % en el índice de conversión en pollos alimentados con pienso en forma de pellets entre los 21 y 42 días de edad, respecto a cuando se empleaban harinas. Choi et al. (1986) comprobaron que cuando los pollos se alimentaban con concentrado en pellets entre los 28 y 56 días de vida se aumentaba la ganancia de peso y el consumo de pienso en torno a un 10 %, en comparación con lo que ocurría cuando éste era en harina. Al igual que sucede en nuestro estudio, estos autores no observaron diferencias en el índice de conversión de las aves.

Como comprobamos, la mortalidad de los broilers tampoco se incrementó con la presentación del pienso en forma de pellets del programa de alimentación prueba. Por el contrario, Lecznieski et al. (2001) obtuvieron una mayor mortalidad con piensos en forma de

pellets con respecto a las harinas (17,8 % vs 8,3 %, respectivamente) en ambos casos en broilers de 22 a 43 días de edad.

A continuación, se evaluó la influencia del sexo sobre los diferentes parámetros productivos, con el objetivo de determinar el efecto de este factor sobre el peso vivo final, la mortalidad, el índice de conversión, la ganancia media diaria y el factor de eficiencia europeo (Tabla 49).

Tabla 49. Media y desviación estándar de cada parámetro productivo respecto al sexo de los broilers de cada lote estudiado

Parámetro	Sexo		Sig.
	Machos	Hembras	
Peso vivo (kg)	3,27±0,23	2,66±0,15	***
Mortalidad (%)	3,91±1,75	1,85±0,67	***
IC (kg/kg)	1,76±0,06	1,76±0,06	ns
GMD (g/d)	67,85±3,66	56,19±2,58	***
EPEF	376,76±28,65	318,81±21,96	***

IC: índice de conversión. GMD: ganancia media diaria. EPEF: índice de eficiencia europeo
Sig.: Significancia estadística. ns: no significativo; *** $P < 0,001$

Como era previsible, el sexo influye significativamente sobre el peso vivo final de los broilers, la mortalidad, la ganancia media diaria de peso y sobre el factor de eficiencia europeo.

La producción de andrógenos en los machos disminuye la excreción de nitrógeno por la orina, depositándolo como tejido proteico. Esta es la explicación del dimorfismo sexual entre machos y hembras. Por otra parte, la mortalidad es siempre superior en machos, debido, entre otras cosas, a su elevado peso en comparación con las hembras.

El índice de conversión observado es idéntico en ambos sexos, pero debemos tener en cuenta el mayor peso final obtenido en los machos.

Finalmente se evaluó la interacción entre el programa de alimentación empleado y el sexo de los broilers respecto a cada parámetro productivo estudiado. Para ello se establecieron cuatro categorías para clasificar los lotes estudiados. Los parámetros productivos registrados para cada una de las categorías se recogen en la Tabla 50.

Tabla 50. Valores medios de cada parámetro productivo en función del sexo y programa de alimentación ensayado

Parámetro	MC	HC	MP	HP	Sig.
Peso vivo (kg)	3,25±0,21	2,65±0,14	3,28±0,26	2,66±0,15	ns
Mortalidad (%)	3,81±1,71	1,93±0,83	4,01±1,80	1,80±0,53	ns
IC (kg/kg)	1,75±0,07	1,75±0,06	1,76±0,06	1,77±0,05	ns
GMD (g/d)	67,22±3,25	56,04±2,42	68,43±3,91	56,33±2,66	ns
EPEF	375,41±28,95	319,62±23,00	378,07±28,69	318,22±21,49	ns

IC: índice de conversión. GMD: ganancia media diaria. EPEF: índice de eficiencia europeo

Sig.: Significancia estadística. ns: no significativo

MC: machos alimentados con el programa de alimentación control

HC: hembras alimentadas con el programa de alimentación control

MP: machos alimentados con el programa de alimentación prueba

HP: hembras alimentadas con el programa de alimentación prueba

En esta interacción programa de alimentación-sexo tampoco se observaron diferencias significativas en los parámetros productivos estudiados, comportándose de manera muy similar machos y hembras, lo que significa que en ambos casos se cumplió el objetivo de ralentización de crecimiento sin desviar otros parámetros.

En el caso del programa de alimentación control, la presentación en harina gruesa a partir de los 27 días de vida muestra igual comportamiento productivo que cuando se emplea el programa prueba, pienso peletizado con trigo entero, tanto en machos como en hembras. De esta manera, la molienda gruesa de la presentación en harina del programa control, junto a su formulación correcta, permite igualar los parámetros productivos a los que se obtienen con el programa de alimentación prueba.

Nuestros resultados difieren de los obtenidos por Chewing et al. (2012). Estos autores observaron diferencias productivas tanto en machos como en hembras cuando estas aves se alimentaban con piensos granulados y en forma de harina, asociándose las mejoras en los parámetros productivos al pienso granulado.

Asimismo, Nir et al. (1995) encontraron un incremento de peso mucho más evidente en los machos alimentados con pellet que en las hembras a final de ciclo. Estos mismos autores también comprobaron que el tipo de molienda, fina o gruesa, tenía más influencia en el peso final que la propia presentación del pienso.

También Manteca et al. (2017) establecieron un incremento de la velocidad de crecimiento de 4,18 g/día cuando se alimentaban las aves con gránulo en comparación a la misma alimentación con piensos en harina, incrementándose el crecimiento hasta los 6,68 g/día en el caso que el gránulo fuera suplementado con trigo entero.

5.4.2.- Influencia del programa de alimentación sobre los parámetros de calidad de las canales

Al evaluar la calidad de las canales obtenidas de los broilers alimentados con ambos programas de alimentación no se observaron variaciones en la incidencia de pechuga de madera y de pechuga de espagueti (Tabla 51).

Tabla 51. Media y desviación estándar de cada parámetro de calidad de las canales respecto a los programas de alimentación estudiados

Parámetro	Programa de alimentación		Sig.
	Programa control	Programa prueba	
Pododermatitis (%)	43,66±22,04	60,70±20,12	***
Pechuga de espagueti (%)	3,98±4,63	5,71±6,33	ns
Pechuga de madera (%)	1,76±2,36	1,73±2,56	ns

Sig.: Significancia estadística. ns: no significativo; *** $P < 0,001$

En todo caso, la presencia de pechuga de madera y de espagueti son menores a los observados en otros estudios como el llevado a cabo por Pascual et al. (2020). Estos autores observaron una incidencia del 14,6 % para la pechuga de madera y un 14,1 % para la pechuga de espagueti, aunque se debe tener en cuenta que el peso de los animales empleados en ese estudio es sensiblemente superior (3,586 kg en machos; 2,897 kg en hembras).

Respecto a la presencia de pododermatitis en las canales de los broilers (Figura 78), el programa de alimentación prueba si se asoció a un incremento significativo de este defecto de calidad.

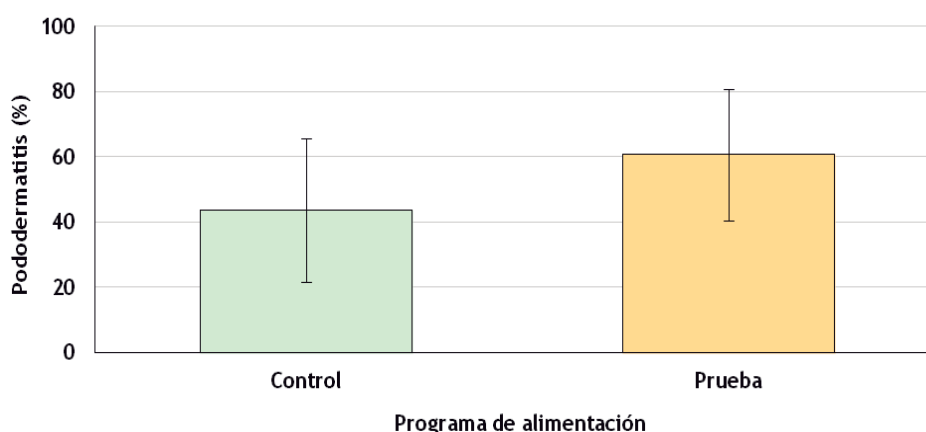


Figura 77. Incidencia de pododermatitis en los lotes de broilers en función del programa de alimentación

Existe la posibilidad de que los piensos de desarrollo, terminado y superterminado del programa de alimentación prueba en forma de pellet hayan podido provocar heces más húmedas y una mayor necesidad de reposición de la cama. Teniendo en cuenta que el manejo de la cama sobre la que se criaron los broilers fue el mismo en ambos programas de alimentación, los resultados indican que debería haberse observado una peor consistencia en las camas en el programa de alimentación prueba y como consecuencia un incremento de la aparición de pododermatitis.

Otra posibilidad sería que la formulación del programa de alimentación prueba provocase un tránsito intestinal más acelerado, y como consecuencia la emisión de heces más húmedas. Como se ha indicado, la composición del programa de alimentación prueba incluía un menor porcentaje de grasa en todas las presentaciones, lo que incrementaría la dureza del gránulo. Asimismo, el empleo de altos porcentajes de trigo en la formulación también provoca gránulos excesivamente duros (Mateos et al., 2005).

La presentación de los piensos de las aves en forma de harina, caso del programa control, también se asocia a una cama más seca debido al menor crecimiento de los broilers, aunque en este caso, con crecimientos moderados, no debería observarse tanta diferencia. Además, la presentación del pienso en forma de migas de tamaño medio del control, desde los 10 a los 20 días de vida de los broilers, momento clave para el desarrollo de las primeras fases de aparición de la pododermatitis, pudo mejorar la consistencia de las heces con respecto al empleo de los pellets en este mismo momento del cebo en el programa prueba.

Tabla 52. Media y desviación estándar de cada parámetro de calidad de las canales respecto al sexo de los broilers de los lotes estudio

Parámetro	Sexo		Sig.
	Machos	Hembras	
Pododermatitis (%)	52,32±22,65	53,53±22,73	ns
Pechuga de espagueti (%)	2,28±2,64	8,01±6,64	***
Pechuga de madera (%)	2,98±2,59	0,32±1,22	***

Sig.: Significancia estadística. ns: no significativo; *** $P < 0,001$

Cuando se analizó la relación entre el sexo de los broilers y los diferentes parámetros de calidad de las canales obtenidas en el conjunto de ambos programas de alimentación (Tabla 52) se comprobó que únicamente la incidencia de pododermatitis no muestra diferencias

significativas entre machos y hembras. Por el contrario, la aparición de pechuga de madera y de pechuga de espagueti en las canales sí fue diferente en machos y hembras.

Respecto a la incidencia de pododermatitis, hay que destacar que se puede considerar elevada, y más teniendo en cuenta la época del año en la que se realizó el experimento, de abril a octubre, a pesar del empleo de buenos materiales de cama y de la reposición continua de la misma. El incremento de la densidad inicial de los broilers ha sido seguramente el factor que más influyente en la aparición de este problema de calidad de las canales, coincidiendo con lo descrito por Zouwei et al. (2011).

En este estudio hemos observado una significativa mayor incidencia de pechuga de espagueti en las canales de las hembras (Figura 78).

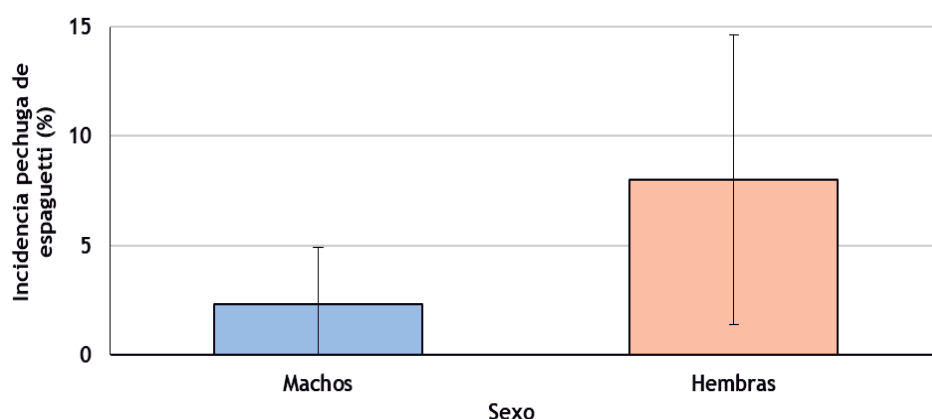


Figura 78. Incidencia de pechuga de espagueti en los lotes de broilers en función del sexo

El estudio de Novoa et al. (2022) mostró una incidencia de pechuga de espagueti del 4,03 % en hembras y del 1,40 % en machos en el total de explotaciones durante los años 2016 y 2017. La presencia de pechuga de espagueti es más elevada en este caso por tratarse de núcleos avícolas, con mayor densidad de cría con respecto a la media de otro tipo de explotaciones, así como al incremento gradual de las miopatías de pechuga con el transcurrir del tiempo. No obstante, la incidencia de pechuga espagueti en las canales de este estudio es menor que la descrita por Pascual et al. (2020) para ambos sexos, los cuales determinaron que este defecto de calidad aparecía en el 25 % de las canales de las hembras y en el 3,1 % de los machos.

La incidencia a nivel mundial de pechuga de espagueti en broilers es difícil de precisar. Así, Baldi et al. (2021) indican que la incidencia de este defecto de las canales de broilers obtenidas en Italia es del 21 %. Para Nunes et al., (2021) la incidencia se estima que puede afectar aproximadamente a un 20 % de las pechugas.

En el caso de los broilers hembras, es frecuente realizar una salida parcial para sacrificio de parte de las aves presentes en las naves. Esto provoca un crecimiento acelerado posterior de las aves que quedan en la nave como consecuencia del aumento de la ratio de comederos por ave y de los metros disponibles por animal. Así, en las hembras, este factor podría incrementar el riesgo de aparición de esta miopatía. Además, se está estudiando el posible efecto de una respuesta hormonal diferente entre ambos sexos que pueda explicar esta incidencia (Brothers et al., 2019).

Respecto a la incidencia de pechuga de madera en las canales de los broilers (Figura 79) hemos comprobado que su aparición se incrementa significativamente en las canales de los machos.

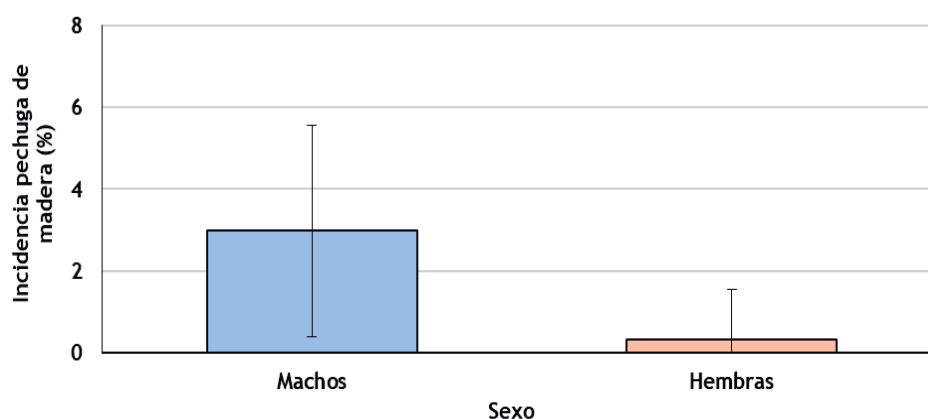


Figura 79. Incidencia de pechuga de madera en los lotes de broilers en función del sexo

Estudios realizados previamente también afirman que la presencia de pechuga de madera es mayor en las canales de los broilers macho que en las hembras (Lorenzi et al., 2014; Trocino et al., 2015; Pascual et al., 2020; Novoa et al., 2022).

Brothers et al. (2019) sugieren que en los broilers machos los genes relacionados con la proliferación de tejido conectivo se expresan más que en las hembras, particularmente en la región craneal del músculo pectoral mayor, lo que los hace más susceptibles a desarrollar pechuga de madera. Asimismo, Mutryn et al. (2015) comprobaron que existe una mayor expresión de los genes relacionados con el estrés oxidativo en los machos, lo que inicia los mecanismos asociados al metabolismo de las grasas y a la aparición de pechuga de madera.

Por otra parte, para Papah et al. (2017), la parte craneal del músculo pectoral de los machos tiene más tendencia a acumular lípidos, lo que se relaciona con la infiltración grasa observada en los estudios histológicos observados en las pechugas de madera. En este mismo estudio se comprobó que los machos son más susceptibles al daño vascular que las hembras, siendo más probable el desarrollo de una hipoxia que podría desencadenar la aparición de esta miopatía.

Para finalizar, se evaluó la influencia de la interacción entre el programa de alimentación y el sexo de los broilers respecto a los parámetros de calidad de las canales. Para ello se establecieron las mismas categorías que para el análisis de los parámetros productivos de este mismo capítulo. En la Tabla 53 se indican los parámetros de calidad correspondientes a cada categoría de broilers estudiada.

Tabla 53. Valores medios de cada parámetro de calidad de las canales en función del sexo y programa de alimentación ensayado

Parámetro	MC	HC	MP	HP	Sig.
Pododermatitis (%)	42,20±20,91	45,67±23,78	62,16±19,98	59,21±20,43	ns
Pechuga de espagueti (%)	1,82±2,01	6,97±5,53	2,73±3,10	8,77±7,32	ns
Pechuga de madera (%)	2,89±2,49	0,20±0,72	3,06±2,73	0,40±1,48	ns

Sig.: Significancia estadística. ns: no significativo

MC: machos alimentados con el programa de alimentación control

HC: hembras alimentadas con el programa de alimentación control

MP: machos alimentados con el programa de alimentación prueba

HP: hembras alimentadas con el programa de alimentación prueba



Se comprobó que no existía ninguna relación significativa entre los parámetros de calidad de las canales y las diferentes categorías en las que se clasificaron los lotes de broilers. Esto

sugiere que las diferencias registradas en los resultados se deben al sexo en el caso de la incidencia de ambas miopatías de la pechuga y al programa de alimentación respecto a la aparición de pododermatitis.

Diferentes estudios relacionan las variaciones bruscas en el crecimiento con la aparición de miopatías en la pechuga (Anton et al., 2019). Así, los animales alimentados con piensos en forma de harina, como en el caso del programa de alimentación control, no experimentarían un repunte tan acusado del crecimiento tras la retirada parcial de las aves de la nave como cuando son alimentados con pienso en forma de pellet. Pero en el caso del empleo de un pienso en grano correctamente formulado, como el de prueba, observamos que es posible un ritmo de crecimiento similar y una frecuencia de aparición de miopatías también sin diferencias significativas.

6. CAPÍTULO III

***“RELACIÓN ENTRE LOS
PARÁMETROS DE CALIDAD DE
LA CANAL DE LOS BROILERS,
LAS CONDICIONES
CLIMÁTICAS Y SU TRANSPORTE
A MATADERO”***

6. CAPÍTULO III

6.1.- INTRODUCCIÓN

El transporte supone una de las mayores causas de estrés en las aves, pues altera su metabolismo y fisiología, disminuyendo su bienestar (Weeks, 2014), el estado inmunitario (Wein et al., 2017), y la calidad de la carne (Dagdar et al., 2010). Además, ocasiona pérdidas de peso y puede incrementar la mortalidad, con los perjuicios que eso supone para la industria avícola (Chauvin et al., 2011). Este estrés se evalúa por una serie de parámetros como el comportamiento, medidas bioquímicas, hormonales e inmunológicas de las aves, observándose una disminución de crecimiento, un incremento del nivel de catecolaminas, lactato y creatinina, además del aumento del ritmo cardíaco, la temperatura corporal y el volumen celular, y en algunos casos deshidratación (Averos et al., 2007).

Las respuestas al estrés se inician con la activación del eje hipotalámico-hipofisario-adrenal, provocando la liberación de corticosterona por la glándula adrenal, por lo que la medida de la misma en plasma puede servir para evaluar el nivel de estrés en aves (Mormede et al., 2007). En pollos sometidos a situaciones estresantes se aumenta también la liberación de calcio, dando como consecuencia carnes PSE y muertes súbitas de las aves y además se provocan cambios en el metabolismo muscular de los pollos.

Hay estudios que demuestran que el transporte puede causar un exceso de producción y acumulación de radicales libres y provocar un estrés oxidativo que afecte a la calidad de la carne interfiriendo en la reposición de colágeno, ocasionando peroxidación lipídica y oxidación proteica (Estévez, 2015).

6.1.1.- Manejo previo al transporte

El manejo adecuado del lote es fundamental para evitar problemas de calidad de las aves durante el transporte y su procesamiento en el matadero. Las camas húmedas provocan aves con plumaje sucio, relacionado con la incidencia de pollos muertos que llegan al matadero y decomisos de canales (De Jong et al., 2014; Bensassi et al., 2019). De acuerdo con Hunter et al. (1999) los pollos pueden ser transportados de manera segura a temperaturas de -4 °C si son mantenidos secos y bien ventilados, y presentar signos de hipotermia a temperaturas de 8 °C si las plumas están mojadas. Las pérdidas de peso y calidad de las canales durante el transporte están fundamentalmente influenciadas por factores relacionados con el animal, como el peso, la edad, el sexo y el estado sanitario (Jacobs et al., 2017a; Kittelsen et al., 2017; Dadgar et al., 2011), la mortalidad previa en granja (Chauvin et al., 2011) y la duración del ayuno (Savenije et al., 2002). Jacobs et al. (2017a) reportan una correlación negativa entre la mortalidad total en granja y el índice de pollos muertos que llega al matadero, lo que indica la importancia de un buen triaje durante la crianza.

El manejo de las aves y la captura correcta de las mismas es fundamental para evitar daños físicos y hematomas en las canales (Whiting et al., 2007). La captura se considera una de las situaciones más estresantes en la vida de los broilers y un punto importante de pérdidas por hematomas, arañados y fracturas e incluso muerte (Queiroz et al., 2015). Es preferible hacerla de noche, pues los animales están más tranquilos si se cargan a oscuras (Duncan, 1989), porque la luz del día supone un factor de riesgo tanto para la aparición de hematomas como para la incidencia de pollos muertos que llega al matadero (Nijdam et al., 2004). Duncan et al. (1986)

apreciaron inmovilidad tónica, que es indicativa de miedo, cuando los animales eran capturados con elevada intensidad de luz. Vosmeroma et al. (2010) observaron mayores niveles de corticosterona y lactato justo después de la captura, por lo que la consideran más estresante que el transporte en sí. El tiempo que lleva realizar la carga y captura también está positivamente correlacionada con las fracturas en alas (Jacobs et al., 2017b).

6.1.2.- Características del transporte

Durante el transporte los animales experimentan ruidos, vibraciones, movimientos, hacinamiento, privación de agua y alimento, disturbios sociales, lesiones y estrés térmico con variaciones de humedad (Estévez et al., 2007). Este estrés provoca cambios en el metabolismo muscular de los pollos disminuyendo la calidad de la carne (Remignon et al., 1998; Savenije et al., 2002). Por otra parte, es frecuente observar que las aves golpean sus alas después de la descarga, así como la contracción muscular de éstas, debido a la vibración del transporte. Estos signos son evidencia de que los animales están metabólicamente agotados después de tratar de huir o liberarse (Elrom, 2000).

La densidad de carga y las características del camión son básicas para garantizar el bienestar de los animales transportados, de manera que los contenedores deben evitar que los animales queden atrapados o amontonados. Elevadas densidades de carga afectan a los mecanismos de intercambio de calor por jadeo, obstaculizados por un bajo intercambio de aire y poco espacio disponible en los contenedores, incrementando la humedad ambiental en el microclima del camión (Mitchell y Kettlewell, 1998). Bajas densidades pueden incrementar el estrés por frío (Caffrey et al., 2017). Además, una densidad demasiado baja, en general, incrementa el riesgo de heridas (Delezie et al., 2007) y en época fría se incrementa el estrés térmico y las mermas en la canal (Hussnain et al., 2020).

De esta forma, debe emplearse una densidad óptima que permita la conservación de calor con el gasto mínimo de energía y asegure el confort térmico de todos los animales del contenedor, densidad que varía en función del tamaño de los animales a transportar y de las condiciones climáticas de la zona (Watts et al., 2011).

La circulación de aire en el camión debe proveer suficiente oxígeno para las aves, eliminar gases y permitir el control tanto de la temperatura como de la humedad. Los contenedores deben ser apilados de forma que se facilite buena ventilación a las aves más alejadas del exterior del vehículo.

El microclima dentro del remolque afecta al bienestar de los animales por calor o frío, lo que predispone al estrés y la muerte de las aves a la llegada al matadero. Las partes centrales y trasera son las más problemáticas en cuanto a temperatura y humedad relativa, con elevados valores tanto en verano como en invierno, así que son las zonas donde probablemente se produzcan más pérdidas de producción (Barbosa-Filho et al., 2014; Mitchell y Kettlewell, 1998). Sin embargo, Nazareno et al. (2013) observaron temperaturas medias más altas en los contenedores de la parte superior de los camiones, lo que se podría explicar por la termodinámica, ya que el aire frío suele moverse hacia abajo al ser más denso, siendo la humedad relativa más baja también en la parte superior.

Burlinguette et al. (2012) estudiaron diferentes características de los camiones que transportan aves en clima frío y concluyeron que los ambientes variaban mucho en función del empleo o no de lonas y la cantidad de entradas de aire en el techo de los vehículos. Definieron que, generalmente, el aire circula en dirección frontal hacia el fondo en el tráiler principal, y en dirección contraria en el caso del remolque. También resaltan la importancia de permitir la entrada de suficiente aire para evitar una saturación de humedad, peligrosa para los animales, en momentos de frío intenso (Figura 80).

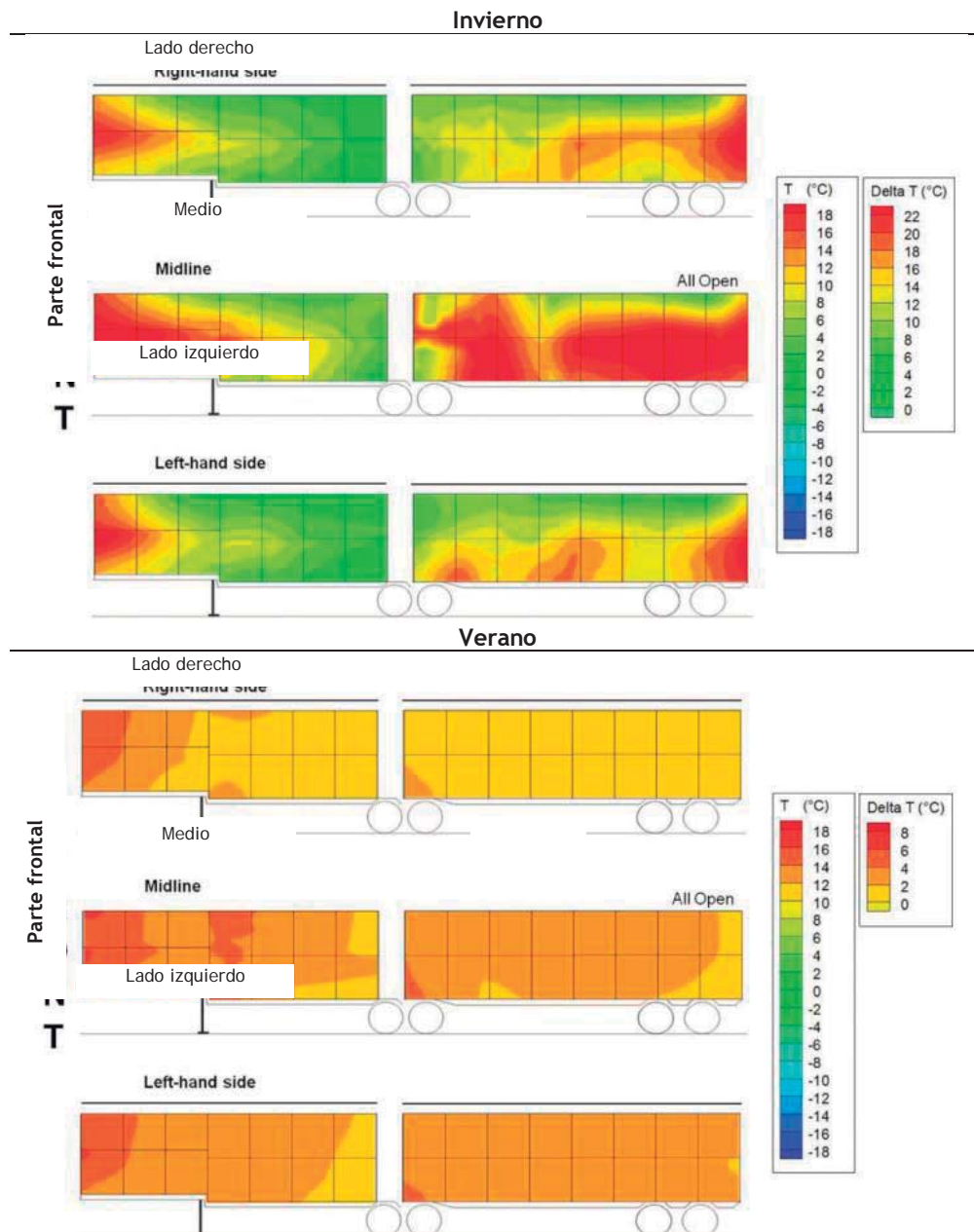


Figura 80. Temperaturas del camión en tres planos: invierno (temperatura media exterior de $-3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y cortinas cerradas) y verano (temperatura media exterior de $9,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ y cortinas abiertas) (Modificado de Burlinguette et al., 2012)

En el caso del transporte en climas fríos, se establece un amplio rango de microclimas dentro del camión. Por ejemplo, Knezacek et al. (2010), con $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ de temperatura exterior, observaron temperaturas entre $10,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $30,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el mismo camión, lo que repercutía directamente en la temperatura rectal de las aves transportadas. Otro estudio de Hui et al. (2003) mostró que con $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ de temperatura exterior, las temperaturas podían variar desde los $-14\text{ }^{\circ}\text{C}$ a los $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ en un camión de 16 metros, lo que ocasionaría una situación paradójica, con unos animales sufriendo estrés térmico por exceso y otros por defecto de temperatura, en función de la situación que ocuparan.

6.1.3.- Condiciones ambientales

A pesar de que los incrementos en la velocidad de crecimiento están asociados a un incremento de su producción de calor (Xin et al., 2001), ha disminuido la tolerancia de los animales a los cambios de temperatura, haciéndolos más susceptibles al estrés térmico (Watts et al., 2011).

Las condiciones ambientales, temperatura y humedad relativa, y la estación del año influyen ampliamente en el transporte (Warris et al., 2005; Petracci et al., 2006; Vecerek et al., 2006). Para Jacobs et al. (2017a) la temperatura del broiler desciende unos 0,7 °C durante el transporte y la espera en planta, incrementándose si existe amontonamiento de los animales. Asimismo, Vecerek et al. (2006) comprobaron que a medida que se prolonga el trayecto de transporte de las aves o se realiza bajo condiciones de temperaturas extremas, tanto frío como calor, la incidencia de pollos muertos que llega al matadero se eleva notablemente (Figura 81).

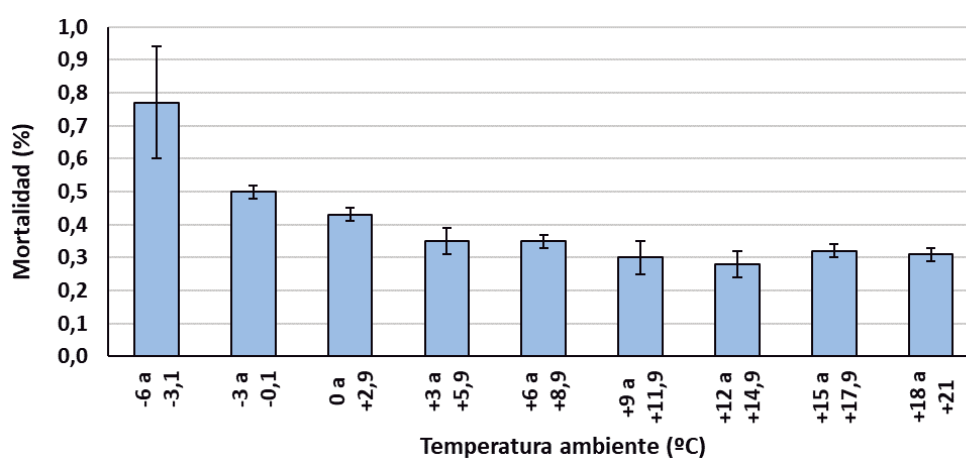


Figura 81. Mortalidad relacionada con el transporte de broilers en función de la temperatura ambiente (Modificado de Vecerek, 2016)

En un estudio sobre el efecto de la temperatura ambiental en pollos, Kataria et al. (2008) comprobaron que las temperaturas bajas (13 °C a 16 °C) disminuían significativamente los niveles de glucosa y triglicéridos, mientras que los de corticosterona, proteínas totales, y ácido úrico no cambiaban en comparación a los valores a temperatura control (de 24 °C a 27 °C). Asimismo, observaron que las variaciones hormonales aún eran mayores en animales sometidos a elevadas temperaturas (42 °C a 45 °C) que a bajas temperaturas.

Vosmerova et al. (2010) reportaron mayores niveles de corticosterona con temperaturas bajas que con elevadas, pero la proteína total era menor en comparación a la situación control (de 24 °C a 27 °C). En este estudio, el transporte realizado con temperaturas bajas resulta más estresante que cuando tiene lugar a temperaturas moderadas o altas (10-35 °C).

En un estudio realizado por Dadgar et al. (2010) las aves fueron expuestas a temperaturas por debajo de 0 °C durante un transporte simulado, observándose efectos significativos en metabolitos del músculo de la pechuga y del muslo, así como en los parámetros de la calidad de la carne. La carne de la pechuga y el muslo de las aves estresadas por frío fueron más oscuras, rojizas, y menos amarillas en color, y tuvieron un pH mayor (carne DFD) al ser comparadas con las pechugas y muslos de las aves del tratamiento control (Figura 82). La incidencia de carne PSE aumentaba a medida que se incrementaban las temperaturas de transporte. Por otra parte, la carne de los animales expuestos a temperaturas superiores a 20 °C sufrieron mayores pérdidas tras la descongelación que la que procedía de animales sometidos a menores temperaturas durante el transporte.

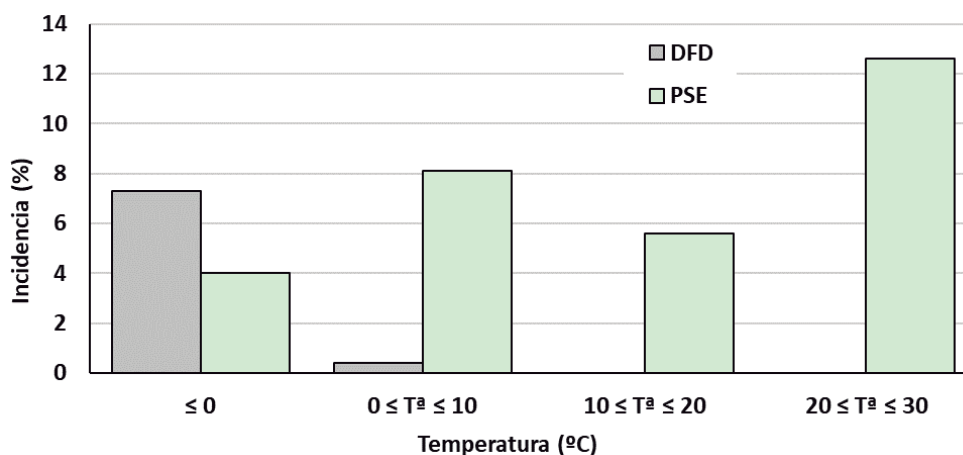


Figura 82. Incidencia de carnes DFD y PSE en pechuga de pollo según la temperatura ambiental durante el transporte (Dadgar et al., 2010)

En Brasil, Dos Santos et al. (2017) consideran la época de máxima humedad y temperatura (verano) la causante de porcentajes más elevados de broilers muertos a la llegada a matadero. Los pollos responden al estrés fisiológico y a las temperaturas elevadas con un incremento en la síntesis de proteínas de choque térmico (HSP). La mayoría de estas proteínas interactúan con otras y alteran su función para proteger a las células contra los efectos dañinos del estrés.

Las guías de transporte para animales de la UE establecen unos índices de seguridad en función de la combinación de temperatura y humedad (Tabla 54).

Tabla 54. Índice de seguridad del clima durante el transporte de ganado según la temperatura y la humedad relativa ambientales (Comisión Europea, 2019)

Temperatura de bulbo seco (°C)	Humedad relativa (%)					
	50	60	70	80	90	100
25,6	22,2	23,3	23,9	23,9	25,0	25,6
26,7	23,3	23,9	25,0	25,6	26,1	26,7
27,8	23,9	24,4	25,6	26,1	27,2	27,8
28,9	25,0	25,6	26,7	27,2	28,3	28,9
30,0	25,6	26,7	27,2	28,3	28,9	30,0
31,1	26,7	27,2	27,8	29,4	30,6	31,1
32,2	27,2	28,3	28,3	30,6	31,1	32,2
33,3	28,3	28,9	30,0	31,1	32,2	
34,4	28,9	30,0	31,1	32,2		
35,6	30,0	31,1	32,2			
36,7	30,6	31,7				
37,8	31,1	32,8				

■ Bien
 ■ Alerta
 ■ Peligro
 ■ Emergencia
 No transportar a más de 30 °C o menos en caso de alta humedad



La derivada temporal de la temperatura y la humedad parece ser un indicador de bienestar animal mucho más sensible que su valor absoluto. El transporte animal en España presenta el

inconveniente de las elevadas temperaturas que tienen lugar durante varios meses al año. En un estudio realizado en transporte de porcino por Villaroel et al. (2011) comprobaron que los análisis psicrométricos para cada emplazamiento (granja, transporte y matadero) eran similares. Sin embargo, las derivadas temporales de temperatura y de entalpía fueron hasta 10 veces más altas durante el transporte, lo que demuestra la variabilidad del entorno en esta fase. En un estudio posterior, Miranda-de la Lama et al. (2021) concluyeron que el invierno era peor que el verano tanto en España como en Portugal en lo que respecta al estrés y a la calidad de la carne de cerdo. Esto es debido a las variaciones más abruptas de temperatura y humedad que tienen lugar en los camiones de transporte a largas distancias, incrementándose los niveles de cortisol y glucosa en sangre de los animales.

La zona de confort del broiler de 6 semanas se sitúa entre 21 °C y 24 °C, con un 60-70 % de humedad relativa (Macari y Furlan, 2002). Actualmente las recomendaciones de algunas casas de genética avícola indican la necesidad de bajar la curva de temperatura ambiental actual cuando el pollo está emplumado, ya que se incrementa su metabolismo basal a medida que mejoran sus índices productivos, y por tanto su producción de calor.

6.1.4.- Duración del transporte

Los efectos del transporte, tanto durante trayectos largos como cortos, se manifiestan como consecuencia del estrés al que son sometidas las aves. A medida que se prolonga el trayecto de las aves o que éste se realiza bajo condiciones de temperaturas extremas (frío o calor), la incidencia de pollos muertos que llega al matadero se eleva notablemente (Vecerek et al., 2006).

Un transporte de larga duración disminuye los niveles de glucosa por el posible agotamiento de las reservas de glucógeno del hígado (Freeman et al., 1984; Pijarska et al., 2006). Yue et al. (2010) consideran que los transportes durante períodos largos de tiempo disminuyen la concentración de glucosa en plasma, aumentan la descomposición del glucógeno muscular para usarlo en la glucólisis e incrementan la contractibilidad de las fibras musculares cambiando su superficie y densidad. Sin embargo, para Vosmerova et al. (2010), los animales muestran más corticosterona con transportes cortos que largos, lo que sugiere que el tiempo de transporte prolongado les permite recuperarse parcialmente del estrés que les ha supuesto el ayuno y la captura previos al mismo.

La distancia al matadero, y en consecuencia la duración del transporte, es un factor ampliamente estudiado y parece haber acuerdo en que a mayor distancia mayor incidencia de animales muertos a la llegada (Villaroel et al., 2018a; Vecereck et al., 2006), si bien este factor está también muy influenciado tanto por la calidad de la conducción y estado de las vías como por las condiciones ambientales en las que se realiza el transporte (Cockram y Dulal, 2018). Sowinska et al. (2013) determinaron un aumento de la pérdida de peso cuanto mayor era distancia recorrida, sin cambios aparentes en la cantidad de agua o grasa de la carne de los broilers. Se ha determinado una correlación positiva entre la distancia recorrida y la incidencia de hematomas en pechuga y fracturas de alas, por lo que distancias largas provocan más heridas (Carlyle et al., 1997).

La duración del transporte se asocia también con mayor suciedad de las plumas debida a la eliminación de excretas que entran en contacto con los demás animales (Jacobs et al., 2017a). También se ha relacionado con pHs más elevados en la carne de las aves, lo que resultan en mayor presentación de carnes DFD (Dos Santos et al., 2017).

6.1.5.- Animales muertos a la llegada a matadero

La muerte de los animales durante el transporte es el indicador más claro de falta de bienestar y es un problema especialmente grave en aves, ya que en estos animales se combina

la acción desfavorable de la captura y el transporte (Nijdam et al., 2004; Vecerek et al., 2006; Chauvin et al., 2011).

Bayliss y Hinton (1990) reportaron que el 35 % de la mortalidad en los broilers cuando llegan al matadero (Death on Arrival; DOA) podría ser debida a heridas de carga y transporte. Además del factor humano, un largo tiempo de ayuno podría tener también influencia en la mortalidad. Para Nilipour (2002) el estado preexistente de salud del lote, las heridas por la captura, carga y transporte, así como el estrés térmico contribuyen al 25 %, 35 % y 40 % de la mortalidad a la llegada a matadero, respectivamente.

En las necropsias realizadas en los broilers muertos a la llegada, los hallazgos más comunes fueron congestión pulmonar (57,2 %) y traumas (24,6 %). La congestión pulmonar es más frecuente en animales muertos a la llegada al matadero que en los muertos en granja, y puede ser debido a un síndrome de muerte súbita. Enfermedades preexistentes como la ascitis u osteomielitis pueden también predisponer a la presencia de animales muertos a la llegada a matadero (Kittelsen et al., 2015). Otros estudios atribuyen la mitad de las muertes durante el transporte a un fallo cardíaco congestivo, un tercio a causas traumáticas como luxación de cadera en el 75 % de los casos y el resto a causas desconocidas (Manteca, 2017).

En Reino Unido se registró una incidencia del 0,12 % de DOA (Haslam et al., 2008). Otros estudios indican valores más elevados de broilers muertos durante el transporte en localizaciones como Canadá (0,39 %; Caffrey et al., 2017), República Checa (0,37 %; Vecerek et al., 2016), Italia (0,35 %; Petracci et al., 2006); Países Bajos (0,46 %; Nijdam et al., 2004.). En los Estados Unidos la media es del 0,37 % pero consideran que el objetivo debería ser mantenerla por debajo del 0,20 % (Ritz et al., 2005).

En Brasil, Barbosa-Filho et al. (2014) comprobaron que existe una mayor mortalidad en transportes a menor distancia cuando éstos se realizan por la tarde, respecto a transportes a distancias más largas llevados a cabo al amanecer y al anochecer en verano. Así, consideran que la temperatura, la humedad relativa y la estación del año ejercen mayor influencia que la distancia recorrida.

Según lo indicado, las condiciones climáticas están asociadas a la incidencia de broilers que llegan muertos al matadero (Chauvin et al., 2011), identificándose el estrés por calor como el principal factor de riesgo (Warriss et al., 2005; Petracci et al., 2006; Whiting et al., 2007).

6.2.- OBJETIVOS

Todas las fases de la producción avícola son susceptibles de influir tanto en el bienestar animal como en la calidad del producto final. El transporte es uno de los factores que más estrés puede causar, agravándose por las circunstancias inmediatamente anteriores al mismo. De esta forma, los esfuerzos realizados a lo largo de toda una crianza se pueden resentir por el manejo que se lleve cabo en las últimas horas previas al sacrificio.

El objetivo principal de este análisis es evaluar diferentes variables involucradas en el transporte de los broilers al matadero para determinar cuáles son los factores que más afectan a la calidad de las canales, con el propósito de conocer y mejorar las condiciones del mismo.

Por todo ello, se plantean los siguientes objetivos específicos:

1. Determinar la influencia del empleo de lonas en los camiones de transporte de aves a matadero en las épocas frías del año sobre diferentes parámetros de calidad de las canales.
2. Evaluar el efecto del tiempo de espera en el muelle del matadero sobre la aparición de lesiones en las canales de las aves.
3. Estudiar la relación entre la distancia y las condiciones ambientales durante el transporte de las aves al matadero y la calidad obtenida en las canales de los broilers.

6.3.- MATERIAL Y MÉTODOS

6.3.1.- Núcleos avícolas

Al igual que en los anteriores capítulos, se analizarán datos de los núcleos avícolas *Altapedra, Cortegada, Moreiras, Piuca, Ponterio, Xironda, Portomarín y Fontao*. Estos núcleos poseen características similares y permiten minimizar la influencia de factores como la ventilación y el manejo que pudieran influir en los datos estudiados.

Para evaluar el efecto de los distintos parámetros relativos al transporte de las aves al matadero, se incluyeron en este análisis los datos de calidad de las canales obtenidas a partir de lotes de broilers criados en los citados núcleos avícolas durante los siguientes periodos tiempo:

- periodo 2015: lotes de broilers sacrificados entre el 03/11/2014 y el 31/10/2015
- periodo 2017: lotes de broilers sacrificados entre el 03/11/2016 y el 31/10/2017

6.3.2.- Recogida y carga

La salida de los broilers de las explotaciones de cebo se realiza en función del peso medio previsto para su sacrificio, el cual se comprueba en una inspección previa como máximo 48 horas antes de fecha de carga estimada.

La recogida de los broilers en las naves de cebo es siempre manual, siendo realizada por equipos especializados y en horario preferentemente nocturno, de 21:00 a 7:00 horas. En verano este horario se amplía un poco debido a la disminución de densidades de carga.

Jacobs et al. (2017b) observaron menores cambios de temperatura corporal en aves transportadas de noche respecto a los transportes realizados por la mañana, lo que sugiere que en horario nocturno los pollos sufren menos estrés.

Actualmente las ventajas y desventajas de la carga automática de los broilers con respecto a la manual aún no están claras. Parece que la carga automática podría favorecer la disminución de diferentes heridas y atrapamientos en las aves (Knierim y Gocke, 2003), pero también estaría asociada a un incremento en la incidencia de animales muertos a su llegada a matadero (Chauvin et al., 2011, Knierin y Gocke, 2003). Para Nijdam et al. (2005) el nivel de estrés es similar en ambos casos, y no afectaría ni a la cantidad de hematomas ni a la calidad de la carne.

Los pollos se someten a un ayuno promedio de 8 horas previo a la captura. Para asegurarse de ello, se levantan los comederos 6 horas antes de la hora de carga prevista, permitiéndoles el acceso al agua hasta el momento mismo de la recogida.

La recogida de los lotes de broilers estudiados fue realizada por siete equipos de carga diferentes. Cada uno de estos equipos está compuesto por cinco personas. Cuatro se dedican a la captura manual y la restante maneja la carretilla elevadora. En un estudio interno previo realizado en el año 2016 sobre estos mismos equipos de carga, se determinó que su velocidad media de carga era de 135 broilers/min (133 aves/min en el caso de machos y 149 aves/min en las hembras), con mínimas variaciones entre los diferentes equipos. Asimismo, se estudió la relación de distintos parámetros de calidad de la canal (decomisos *ante* y *post mortem*, canales de segunda, hematomas y arañado) con cada uno de los equipos de carga, sin observarse ninguna relación entre la incidencia de lesiones en las canales con la velocidad de carga ni con la eficacia de carga expresada en kilogramos de broiler por minuto (Figura 83). Estos datos coinciden con los de Jacobs et al. (2017a) que tampoco observaron diferencias en cuanto al riesgo de fracturas o heridas en las aves al estudiar la recogida llevada a cabo por equipos profesionales, por granjeros o mediante carga automática. Sin embargo, Delezie (2006) opina que el cansancio de los equipos de carga es un factor de riesgo para la integridad de los broilers. Pilecco et al. (2012) comprobaron que la aparición de arañazos dorsales depende más de la carga (73 %), siendo este el factor que más influye, que del propio manejo en granja (17 %).

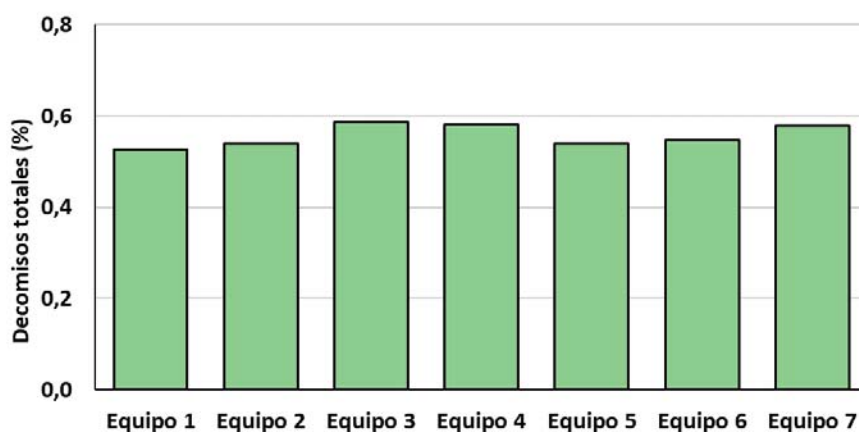


Figura 83. Decomisos totales en función del equipo de carga (Datos propios)

La densidad de carga es similar en todos los casos, 45 kg de peso vivo/contenedor. En los meses de verano, esa densidad se reduce para facilitar el intercambio de aire y disminuir el estrés térmico. Teo (2018) demostró que la densidad podría tener un mayor impacto sobre el confort térmico de las aves que su tamaño, o incluso que la temperatura de la nave.

El Reglamento (CE) 1/2005 establece que el espacio mínimo de suelo por ave para cada kilogramo de broiler sea de 160 cm² y 115 cm² para rangos de peso entre 1,6-3,0 kg y entre 3,0-5,0 kg, respectivamente. En todos los lotes incluidos en este capítulo, las aves disponen como mínimo de 195 cm² por kilogramo de peso vivo en condiciones de máxima densidad de carga, por lo que su confort está garantizado.

La Directiva 2007/43/EC para la protección de pollos de carne establece que los controles veterinarios monitoricen y sigan parámetros de bienestar en el matadero, considerando que una incidencia de animales que llegan muertos al matadero superior al 0,5 % es indicativo de una falta de bienestar en el transporte.

6.3.3.- Transporte y llegada a matadero

Los camiones de transporte de pollos destinados a matadero son todos rígidos, de tres ejes, con remolque. El cuerpo de cada camión tiene capacidad para 14 contenedores, y el remolque puede albergar otros 10 contenedores. Cada contenedor posee 12 cajones plásticos deslizables en los que se introducen los animales y cuyas dimensiones son 1,16 m de largo, 0,76 m de ancho y 0,255 m de alto. El número de aves por camión se determina en función de su peso medio, siendo lo más habitual una carga de 18 pollos/cajón (5.184 animales/camión) o de 15 pollos/cajón (4.320 animales/camión). En el caso de las aves más grandes se cargan a una densidad de 12 pollos/cajón (3.456 animales/camión).

El transporte de aves a matadero tiene siempre su origen en la planta de procesado, partiendo desde allí a las explotaciones de cebo. Estos camiones se lavan y desinfectan tras cada transporte y antes de iniciar un nuevo viaje. Parten del matadero con el depósito de combustible lleno y se taran sin animales en la báscula dispuesta a tal efecto en la entrada al recinto del centro de procesado.

Una vez efectuada la carga de las aves, y tras su llegada a matadero, se vuelve a repostar y se pesa de nuevo, pudiendo registrarse así el peso medio de las aves. Esta es una información de la que se dispone a tiempo real, gracias a un programa que permite la comunicación entre todas las fases de producción.

Tras el pesaje del camión de transporte cargado, los camiones se dirigen al área de espera. Se trata de una edificación abierta con techo de acero galvanizado y cerchas metálicas con

ambiente controlado. Este control ambiental se consigue mediante ventiladores laterales de 40.000 m³/h y ventiladores cenitales de 20.000 m³/h. Además, se dispone de nebulizadores y paneles *cooling* de enfriado para los días más calurosos (Figura 84).

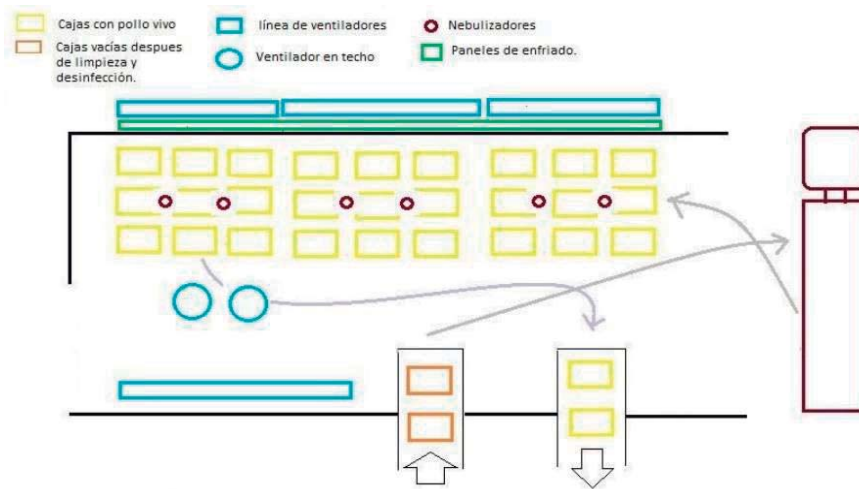


Figura 84. Croquis del área de espera del matadero avícola del estudio

6.3.4.- Parámetros a analizar

Se estudiaron diferentes parámetros relacionados con el transporte de los broilers al matadero que podrían influir en la calidad de las canales obtenidas. Así, se evaluó el efecto del empleo de lonas de protección, la distancia al matadero desde las explotaciones de cebo, el tiempo de espera de las aves en el matadero y las temperaturas ambientales máxima y mínima correspondientes a los días de transporte.

6.3.4.1.- Empleo de lonas

Para evaluar la influencia del empleo de las lonas protectoras en los camiones de transporte de broilers a matadero sobre la calidad de las canales obtenidas, se recopilaban datos de viajes de este tipo de aves en las anualidades 2015 y 2017, que a su vez se subdividieron en dos periodos: invierno (noviembre a febrero) y verano (marzo a octubre).

De esta forma, los lotes de estudio se clasificaron según su fecha de sacrificio en cuatro grupos, asociándolos así al empleo, o no, de lonas en los camiones de transporte a matadero:

- periodo 2015:
 - invierno sin lonas: lotes de broilers sacrificados entre el 03/11/2014 y el 27/02/2015. Estos lotes se corresponden con transportes a matadero durante el invierno en camiones que no disponían de lonas de protección, aunque su empleo sí era recomendable.
 - verano 2015: lotes de broilers sacrificados entre el 02/03/2015 y el 31/10/2015. Estos lotes se transportaron a matadero en condiciones de temperatura y humedad que no requerían el empleo de lonas protectoras.
- periodo 2017:
 - invierno con lonas: lotes de broilers sacrificados entre el 03/11/2016 y el 28/02/2017. Estos lotes se corresponden con transportes a matadero durante el invierno en los que se emplearon lonas de protección.
 - verano 2017: lotes de broilers sacrificados entre el 01/03/2017 y el 31/10/2017. Estos lotes no precisaron el empleo de lonas protectoras en sus transportes a matadero teniendo en cuenta las condiciones de temperatura y humedad.

Las lonas comenzaron a emplearse en el invierno de 2016 para proteger a los animales del frío (Figura 85), pero de manera parcial, no en todos los transportes de aves a matadero. Es por ello por lo que se inicia el registro de datos de camiones que emplean lonas en el año 2017, cuando el uso de lonas es generalizado.



Figura 85. Camión de carga de animales con lona extendida

6.3.4.2.- Distancia a matadero

Para evaluar el impacto de la distancia que existe entre el núcleo avícola y el matadero los lotes estudiados se clasificaron en tres grupos:

- transporte corto: explotaciones situadas a menos de 40 km del matadero
- transporte moderado: explotaciones situadas a más de 40 km y menos de 75 km del matadero
- transporte largo: explotaciones situadas a más de 75 km del matadero

De esta manera, la clasificación de los lotes procedentes de cada uno de los núcleos avícolas se muestra en la Tabla 55, según la distancia existente entre los citados núcleos y el centro de procesado avícola.

Tabla 55. Tipo de transporte al que se someten los broilers en función de la distancia al núcleo avícola de origen

Núcleo avícola	Distancia al C.P.A. (km)	Tipo de transporte
<i>Altapedra</i>	52	moderado
<i>Moreiras</i>	63	moderado
<i>Cortegada</i>	52	moderado
<i>Piuca</i>	35	corto
<i>Ponterio</i>	35	corto
<i>Xironda</i>	80	largo
<i>Portomarín</i>	88	largo
<i>Fontao</i>	104	largo

6.3.4.3 Tiempo de espera

Se considera apropiado un tiempo de espera en el matadero entre una y dos horas antes de entrar a procesado, suficiente para calmar a los broilers y promover una vuelta gradual al equilibrio homeostático (Ludtke et al., 2010).

Para poder evaluar la influencia de este tiempo de espera en el matadero previo al sacrificio, se clasificaron los lotes en tres grupos en función del tiempo transcurrido entre su recepción en el Centro de Procesado Avícola y el inicio del aturdimiento del citado lote. De esta manera, los lotes estudiados se correspondieron con los siguientes grupos:

- tiempo de espera corto: menos de 120 minutos transcurridos entre la recepción y el sacrificio.
- tiempo de espera moderado: entre de 121 y 239 minutos transcurridos entre la recepción y el sacrificio.
- tiempo de espera alto: más de 240 minutos transcurridos entre la recepción y el sacrificio.

6.3.4.4.- Condiciones climáticas: temperaturas máxima y mínima

La provincia de Ourense, en la que se sitúa el Centro de Procesado Avícola, tiene unas características propias de un clima cálido y templado, clasificado como Csb (Mediterráneo o templado húmedo-seco) por el sistema Köppen-Geiger (Tabla 56). Los meses de invierno son mucho más lluviosos que los meses de verano siendo la temperatura promedio de 12,7 °C. La humedad relativa más baja del año se correspondió con el mes agosto y enero fue el mes con mayor humedad (Climate Data, 2020).

Tabla 56. Datos climáticos promedio de la provincia de Ourense correspondientes al periodo 1999-2019 (Climate Data, 2020)

Dato	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Temperatura media (°C)	6,2	6,7	9,2	11,1	14,0	17,7	19,5	19,8	18,0	14,1	9,0	6,8
Temperatura mínima (°C)	2,6	2,3	4,2	6,0	8,6	12,1	13,8	14,0	12,4	9,6	5,4	3,0
Temperatura máxima (°C)	10,2	11,3	14,1	16,0	19,0	23,0	25,2	25,9	23,8	18,8	13,0	10,9
Precipitación (mm)	114	82	85	89	77	47	27	29	51	118	118	115
Humedad (%)	86	81	77	77	78	72	69	67	69	78	84	85
Días lluviosos (días)	9	8	8	10	9	6	4	4	5	9	10	9
Horas de sol (horas)	3,8	5,0	6,1	6,9	8,0	9,0	9,1	9,1	8,2	6,3	4,3	4,0

Las temperaturas máximas y mínimas diarias correspondientes a los días de transporte y sacrificio de cada uno de los lotes se obtuvieron a partir de los registros de la Unidad de Observación y Predicción Meteorológica de Galicia (Meteogalicia), organismo dependiente de la Consellería de Medio Ambiente, Territorio e Infraestructuras, Xunta de Galicia, la cual proporciona a las organizaciones, medios de comunicación y ciudadanos en general la información relacionada con la observación y predicción meteorológica.

Teniendo en cuenta la localización geográfica del centro de procesado, se consideró como más adecuado tomar la información técnica de la estación automática localizada en el

ayuntamiento de Ourense, ubicada a 42,34 ° de latitud, a -7,85 ° de longitud y a una altitud de 143 metros.

Ambos periodos de estudio, años 2015 y 2017, presentaron una climatología similar, observándose un invierno ligeramente más frío en el año 2015. La humedad relativa fue alta durante los dos años (Figura 86).

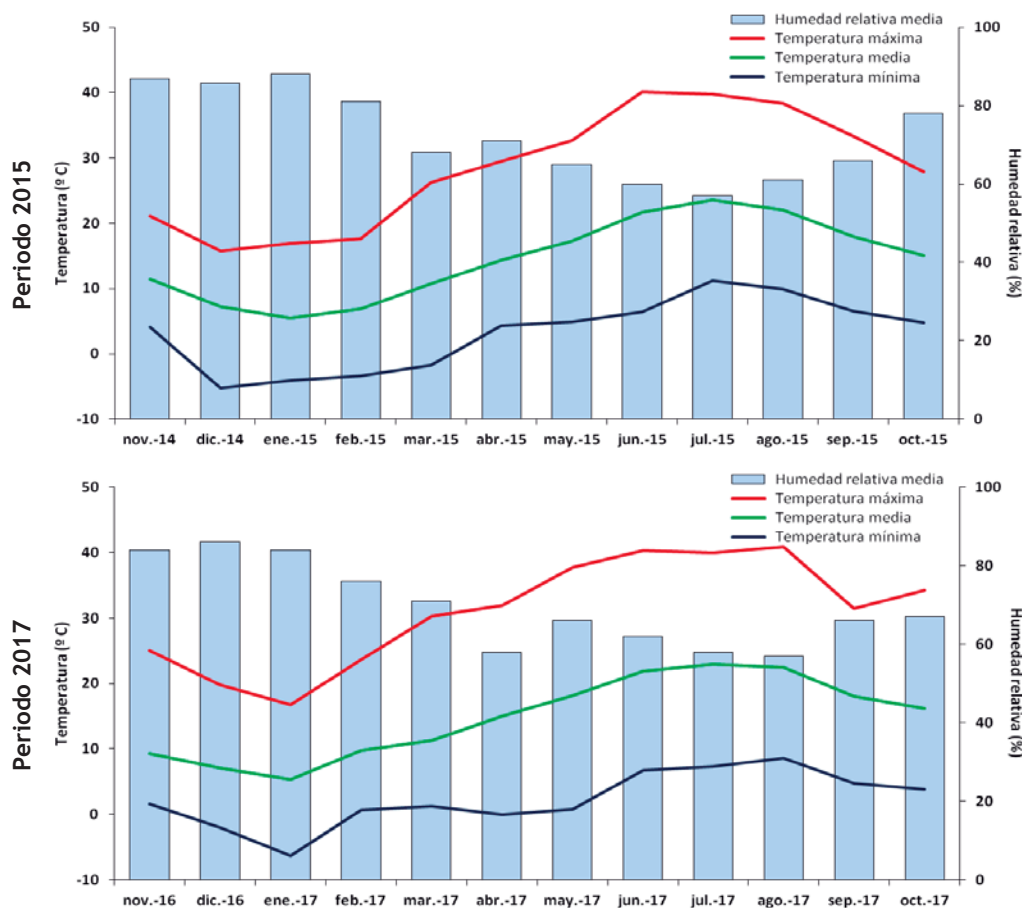


Figura 86. Datos climáticos medios de ambos periodos de estudio (2015 y 2017)

Para evaluar la influencia de la temperaturas máxima y mínima diaria durante el transporte y la espera de las aves sobre los parámetros de calidad de las canales, se agruparon todos los lotes de broilers en tres grupos para cada uno de los valores de temperatura:

- temperatura máxima diaria:
 - transporte y tiempo de espera a una temperatura máxima diaria inferior a los 19 °C.
 - transporte y tiempo de espera a una temperatura máxima diaria comprendida entre los 19 °C y los 28 °C.
 - transporte y tiempo de espera a una temperatura máxima diaria superior a los 28 °C.
- temperatura mínima diaria:
 - transporte y tiempo de espera a una temperatura mínima diaria inferior a los 6 °C.
 - transporte y tiempo de espera a una temperatura mínima diaria comprendida entre los 6 °C y los 15 °C.
 - transporte y tiempo de espera a una temperatura mínima diaria superior a los 15 °C.

6.3.5.- Descripción del ensayo

Debido a la diversidad de tipos de pollos que se crían en los núcleos avícolas anteriormente citados, se seleccionaron para este estudio tanto machos como hembras de la categoría de pollo blanco, por ser la que mayoritariamente se produce en los núcleos avícolas incluidos en el estudio.

Respecto a las estirpes, se optó únicamente por los broilers de la estirpe *Ross*, descartándose los lotes compuestos por aves de las estirpes minoritarias *Cobb* y *Mini Ross*.

En todos los casos se incluyó en el estudio la salida parcial de aves de cada una de las naves, también llamada aclarado. Es una práctica muy común en todas las integradoras y relevante para la calidad final de las canales, y sin embargo poco estudiada.

Cada camión de transporte de aves que llega al matadero se considera un lote, estableciéndose la correspondencia camión-lote. De esta manera, cada camión constituye una unidad de análisis. Cada uno de estos lotes se componía de una media de 4.179 animales. Se descartaron para el estudio los transportes de menos de 3.000 aves por no ser representativos de unas condiciones de transporte normales: menor densidad, cambio del flujo de las corrientes de aire, distinta cinética de temperaturas, etc.

6.3.5.1.- Distribución de los lotes experimentales

Teniendo en cuenta todos los condicionantes anteriormente expuestos, se analizaron los datos correspondientes a un total de 3.017 transportes o lotes de broilers (Tabla 57).

Tabla 57. Distribución de los lotes experimentales de broiler

Núcleo avícola	Sexo	Salida parcial	Salida final	Total
Altapedra	♂	42 lotes 183.768 br.	208 lotes 728.425 br.	250 lotes 912.193 br.
	♀	74 lotes 415.531 br.	184 lotes 865.799 br.	258 lotes 1.281.330 br.
Cortegada	♂	49 lotes 194.935 br.	208 lotes 711.735 br.	257 lotes 906.670 br.
	♀	74 lotes 403.088 br.	202 lotes 932.370 br.	276 lotes 1.335.458 br.
A Piuca	♂	63 lotes 240.500 br.	197 lotes 685.247 br.	260 lotes 925.747 br.
	♀	77 lotes 410.295 br.	197 lotes 897.235 br.	274 lotes 1.307.530 br.
Moreiras	♂	40 lotes 147.888 br.	136 lotes 498.198 br.	176 lotes 646.086 br.
	♀	47 lotes 258.624 br.	136 lotes 636.039 br.	183 lotes 894.663 br.
Ponterio	♂	52 lotes 216.168 br.	209 lotes 724.500 br.	261 lotes 940.668 br.
	♀	82 lotes 447.555 br.	190 lotes 829.698 br.	272 lotes 1.277.253 br.
Xironda	♂	30 lotes 105.000 br.	112 lotes 386.043 br.	142 lotes 491.043 br.
	♀	59 lotes 314.204 br.	134 lotes 613.945 br.	193 lotes 928.149 br.
Portomarín	♂	31 lotes 125.184 br.	133 lotes 456.273 br.	164 lotes 581.457 br.
	♀	-	-	-

Tabla 57. Distribución de los lotes experimentales de broiler (continuación)

Núcleo avícola	Sexo	Salida parcial	Salida final	Total
Fontao	♂	12 lotes 49.416 br.	39 lotes 130.560 br.	51 lotes 179.976 br.
	♀	-	-	-
Total sexos	♂	319 lotes 1.262.859 br.	1.242 lotes 4.320.981 br.	1.561 lotes 5.583.840 br.
	♀	413 lotes 2.249.297 br.	1.043 lotes 4.775.086 br.	1.456 lotes 7.024.383 br.
Total		732 lotes 3.512.156 br.	2.285 lotes 9.096.067 br.	3.017 lotes 12.608.223 br.

El peso vivo medio obtenido al final del cebo y el tiempo de cría de los broilers en los distintos núcleos avícolas se muestran en la Tabla 58.

Tabla 58. Peso vivo final y duración del cebo en los lotes experimentales

Tipo pollo	Días de cebo (días)	Peso medio (kg)
♂	Salida parcial	38,97±1,81
	Salida final	45,28±1,57
♀	Salida parcial	32,48±1,31
	Salida final	43,54±1,59

6.3.5.2.- Determinación de los parámetros de calidad

Entre los parámetros de calidad que se evalúan rutinariamente en el matadero se seleccionaron para este estudio los siguientes:

- aves muertas a la llegada a matadero
- arañado de la canal
- hematomas en la espalda
- hematomas en ala dorsal
- hematomas en alas

Como aves muertas a la llegada a matadero se consideró el total de broilers que mueren durante el transporte, desde la explotación al matadero, consecuencia de ahogamiento, estrangulación, fallo cardíaco, etc. El recuento se realizó previamente al cuelgue de los broilers en la línea de sacrificio, en el momento de descargarlos de los contenedores. El valor de este parámetro de calidad se expresa en porcentaje.

La presencia de lesiones en las canales se determinó mediante el análisis visual de las mismas a cargo de operarios expertos del matadero. Estos operarios cuantificaron el número de canales que presentaba algún defecto e identificaron de forma concreta que tipo de lesión correspondía a cada caso. Después del desplumado, y previamente al eviscerado, el personal encargado de la evaluación de calidad analizó visualmente 215 canales de cada lote sacrificado, anotando la presencia o ausencia de cada uno de los defectos.

En el caso de la presencia de arañado y de hematomas en las canales solamente se tuvieron en cuenta las lesiones superiores a 1,5 cm, bien sea de largo y/o de ancho.

Específicamente, los arañados solamente se registraron cuando éstos eran recientes (Figura 87), ya que la presencia de arañados antiguos se asocia al manejo en granja durante el cebo de las aves y no con las tareas de carga de las aves y/o de transporte al matadero.



Figura 87. Arañados recientes en las canales de broilers

Los hematomas en la espalda de las canales de los broilers suelen aparecer en la articulación coxofemoral (Figura 88). Se cree que su aparición puede estar relacionada con cierta predisposición genética.

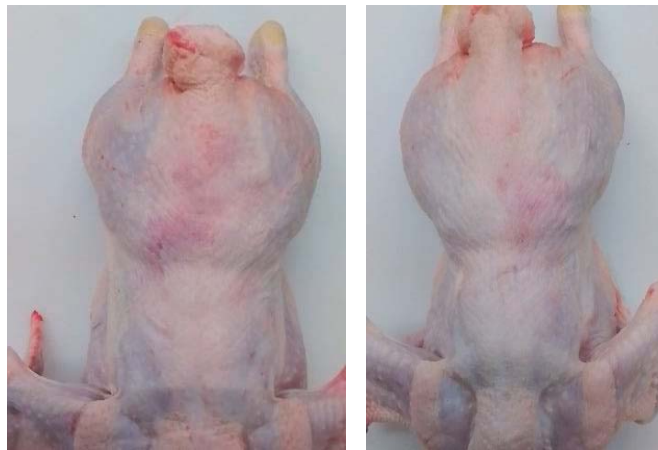


Figura 88. Hematomas en la espalda en canales de broilers

Los hematomas en ala dorsal de las canales de los broilers se definen como acúmulos de sangre en la articulación húmero-radio-cubital (Figura 89).



Figura 89. Hematomas en ala dorsal en canales de broilers

Respecto a los hematomas en alas observados en las canales de los broilers (Figura 90) se debe prestar especial atención a su detección para distinguirlos de la lesión denominada punta de ala roja, ocasionada fundamentalmente por un mal manejo de las aves durante el aturrido.



Figura 90. Hematomas en alas en canales de broilers

6.3.5.3.- Análisis estadístico

Para el tratamiento estadístico de los resultados obtenidos en este capítulo se empleó el programa SPSS 23.0 para Windows (IBM Corporation, NY).

Se realizó un modelo lineal general multivariante con un intervalo de confianza del 95 % ($P < 0,05$). Las variables de clasificación fueron el tipo de salida del núcleo avícola (salida parcial o aclarado y salida final), el sexo de los lotes de estudio, el empleo o no de lonas, la distancia entre la explotación y el matadero, el tiempo de espera antes del procesado y las temperaturas máxima y mínima diaria correspondiente al día del transporte, todas descritas en anteriores epígrafes de este capítulo. Como variables dependientes para el análisis estadístico se utilizaron los parámetros de calidad: aves muertas a la llegada a matadero, arañado de la canal y hematomas en la espalda, en ala dorsal o en alas. Finalmente, para las comparaciones múltiples se aplicó un test Duncan.

6.4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores medios de cada uno de los parámetros de calidad se muestran en la Tabla 59, teniendo en cuenta la diferenciación por sexo (macho o hembra) y el tipo de salida de las aves de la explotación (salida parcial o salida final).

Tabla 59. Medias de los parámetros de estudio en los lotes experimentales

Parámetro de estudio	♂		♀	
	Salida parcial	Salida final	Salida parcial	Salida final
Aves muertas a la llegada (%)	0,18±0,11	0,24±0,17	0,17±0,84	0,19±0,12
Arañado (%)	28,87±9,03	23,39±6,81	26,00±7,24	20,99±6,14
Hematomas en espalda (%)	16,31±6,59	14,20±5,78	18,67±7,03	15,25±5,75
Hematomas en ala dorsal (%)	17,43±6,95	12,40±4,95	22,19±6,99	17,58±5,15
Hematomas en alas (%)	10,60±2,73	14,07±2,82	12,52±2,94	13,38±2,45

En general, la incidencia de aves muertas a la llegada a matadero es más elevada en los animales de mayor peso, por eso se da más en salidas finales y en machos, más susceptibles a cualquier tipo de estrés. Grilli et al. (2018) observaron en un sistema de producción similar, con hembras de bajo peso, machos y hembras de peso medio y machos pesados, que la incidencia media de aves que llegaban muertas al matadero era del 0,38 %, superior a la de nuestro estudio. Asimismo, comprobaron que la presencia de aves muertas durante el transporte a matadero era superior en los de mayor peso vivo (0,52 %; 3,5 kg) que en los de tamaño medio (0,47 %; 2,7 kg) y que en los de pequeño tamaño (0,31 %; 1,7 kg).

La mortalidad media durante el transporte a matadero de la cooperativa que aporta los lotes de estudio durante el año 2015 fue de un 0,19 % (Villaroel et al., 2018b). Resultados similares a estos los obtuvieron Chauvin et al. (2011) en Francia (0,18 %), si bien en ese caso el peso medio de las aves analizadas fue sensiblemente inferior (1,9 kg) al peso medio de los broilers de nuestro estudio (2,8 kg). Sin embargo, Saraiva et al. (2020), en Portugal, definieron un 0,29 % de incidencia de aves que llegan muertas al matadero, realizando su estudio con broilers de peso medio de 1,85 kg y 36 días de vida.

Por el contrario, el arañado y los hematomas en ala dorsal aparecen con más frecuencia en las aves pertenecientes a las salidas parciales. Esto podría explicarse por el estrés que supone estar a densidades más elevadas, con pollos de menor peso y consecuentemente mayor movilidad.

Para Saraiva et al (2020), la incidencia media de hematomas en las canales de broilers fue de un 3,37 %, siendo más frecuentes los que aparecen en las alas. En Bélgica, en recogidas manuales, Delezie et al. (2006) observaron menor incidencia de hematomas en alas, concretamente del 7,7 %. Villaroel et al. (2018a) observaron valores similares a los nuestros, con una incidencia del 12 % de hematomas en alas y espalda y con una incidencia de arañado superior en las canales de los machos que en los de las hembras, para una media general del 21,8 %, y en la salida parcial respecto a la final (26,9 % vs 20,1 %), para todos los tipos de animales estudiados. Lo mismo observaron respecto a la presencia de hematomas en espalda en las canales de las hembras, con una mayor incidencia en las salidas parciales que en las finales (12,8 % vs. 10,7 %). Sin embargo, en las canales de los machos detectaron una mayor incidencia de hematomas en la espalda y en las alas que en las hembras, lo que atribuyeron al

mayor peso y envergadura de los mismos. La diferencia con nuestros valores puede ser atribuida al valor que presentan en su estudio los animales que no realizan salida parcial, grupo inexistente en los núcleos objeto de esta tesis.

Para Buzdugan et al. (2020) el nivel de decomisos es mayor en la salida final que en las salidas parciales, si bien tienen en cuenta los decomisos totales (ascitis, pericarditis, celulitis...).

6.4.1.- Influencia del empleo de lonas sobre los parámetros de calidad de las canales

Para evaluar el efecto del empleo de lonas sobre los parámetros de calidad de las canales de los broilers, se analizaron los transportes a matadero de este tipo de aves durante dos períodos diferentes del año: el invierno y el resto de los meses del año. La clasificación de los lotes estudiados se realizó mediante la fecha de transporte de las aves a matadero.

Se eligieron los años 2015 y 2017 como años representativos del empleo, o no, de lonas de protección durante el transporte. En el año 2015 ninguno de los camiones empleados para el transporte de pollos a matadero disponía de lonas de protección. Por el contrario, en el año 2017 en todos los transportes de broilers a la planta de procesado que tuvieron lugar durante el invierno se emplearon las citadas lonas de protección. Teniendo en cuenta lo anterior, los períodos de estudio de los transportes de broilers a matadero fueron los siguientes:

- invierno sin lonas: del 03/11/2014 al 27/02/2015
- verano 2015: del 02/03/2015 al 31/10/2015
- invierno con lonas: del 03/11/2016 al 28/02/2017
- verano 2017: del 01/03/2017 al 31/10/2017

Se incluyeron en el estudio dos periodos de verano con el objetivo de evaluar si los períodos sin lonas también sufren algún tipo de variación en función del año en que se realizan los transportes, considerando la selección genética a la que se someten las aves durante los dos años que transcurren entre ambos veranos.

Las lonas se emplearon siempre que la temperatura fue inferior a los 10 °C o cuando llovía, por constituir las plumas mojadas una causa grave de hipotermia y de mortalidad de las aves durante el transporte (Hunter et al., 1999), así como motivo de una disminución de la calidad de las canales obtenidas.

6.4.1.1.- Incidencia de aves muertas a la llegada a matadero

En primer lugar, se evaluó la influencia del empleo de lonas de protección durante el transporte sobre la incidencia de aves que llegaban muertas al matadero, mostrándose los resultados obtenidos en la Tabla 60.

Tabla 60. Incidencia de aves muertas a la llegada a matadero en función del empleo de lonas de protección durante el transporte

Tipo de ave	Aves muertas a la llegada a matadero (%)				Sig.
	Invierno sin lonas	Verano 2015	Invierno con lonas	Verano 2017	
MP	0,21±0,13 ^a	0,22±0,12 ^a	0,16±0,10 ^b	0,15±0,09 ^b	***
MF	0,21±0,13 ^a	0,27±0,19 ^b	0,22±0,13 ^a	0,23±0,19 ^a	***
HP	0,70±0,39 ^a	0,10±0,07 ^b	0,21±0,56 ^b	0,07±0,06 ^b	***
HF	0,19±0,13	0,19±0,10	0,22±0,13	0,19±0,12	ns

Sig.: Significancia estadística. ns: no significativo. ***: $P < 0,001$.

^{a,b}: Letras diferentes difieren significativamente

MP: machos blancos de salida parcial

MF: machos blancos de salida final

HP: hembras blancas de salida parcial

HF: hembras blancas de salida final

Como podemos observar, el empleo de lonas de protección durante el transporte a matadero en invierno supone una reducción significativa de la mortalidad en los machos y en las hembras correspondientes a las salidas parciales. Esto se explicaría por el bajo peso y pobre emplume de este tipo de aves, lo que las haría muy susceptibles a las bajas temperaturas.

En los machos y en las hembras de salida final la incidencia de este parámetro no se ve afectada respecto al empleo o no de lonas de protección, y sólo las elevadas temperaturas de los veranos incrementan la mortalidad en machos grandes, especialmente en el verano del 2015.

En líneas generales es importante apuntar que se observa una ligera tendencia a la disminución de la mortalidad de las aves durante el transporte a matadero en el año 2017 con respecto al 2015.

6.4.1.2.- Presencia de arañado en las canales

La relación entre el empleo de lonas de protección durante el transporte y la presencia de arañado en las canales de los broilers se muestra en la Tabla 61. El uso de lonas de protección en los transportes a matadero que tienen lugar durante el invierno no ejerce un efecto significativo sobre la incidencia de arañado en las canales de hembras ni de los machos, a excepción de los machos de salida final. En estos sí se observó un incremento significativo de la lesión cuando se emplearon lonas de protección en invierno durante el viaje desde la explotación a la planta de procesado.

Tabla 61. Presencia de arañado en las canales según el empleo de lonas de protección durante el transporte

Tipo de ave	Presencia de arañado en las canales (%)				Sig.
	Invierno sin lonas	Verano 2015	Invierno con lonas	Verano 2017	
MP	27,66±12,03 ^{ab}	26,81±8,19 ^a	28,87±8,16 ^{ab}	31,01±8,72 ^b	**
MF	22,94±7,97 ^{ab}	22,35±6,85 ^a	24,42±6,97 ^c	23,80±6,24 ^{bc}	*
HP	24,99±8,96	26,29±7,70	25,30±7,29	26,29±6,24	ns
HF	20,46±7,28 ^{ab}	21,07±5,76 ^{bc}	19,56±5,64 ^a	21,75±6,14 ^c	**

Sig.: Significancia estadística. ns: no significativo. *: $P < 0,05$. **: $P < 0,005$.

^{a,b,c}: letras diferentes difieren significativamente

MP: machos blancos de salida parcial

MF: machos blancos de salida final

HP: hembras blancas de salida parcial

HF: hembras blancas de salida final

Resultados similares obtuvieron Pilecco et al. (2012) respecto a los machos de salida final. Estos autores también apreciaron un aumento del arañado dorsal cuando se usaban lonas durante los transportes a matadero, lo que atribuyeron al nerviosismo de los animales y a la falta de ventilación del camión.

Se propone también la existencia de un componente estacional que incrementa la incidencia de este defecto durante los períodos más calurosos del año. Esto podría estar relacionado con las horas y con la intensidad de la luz, o bien con incremento de la actividad de los broilers cuando existen temperaturas de confort. En esta línea, Villaroel et al. (2018a) observaron que existía una tendencia al incremento de la incidencia de arañado en las canales en función de la temperatura exterior, alcanzándose el mínimo en enero (16 %) y el máximo en agosto y septiembre (24 %).

Al contrario de lo observado con la incidencia de aves muertas durante el transporte, se observó una ligera tendencia al aumento de la presencia de arañado en las canales obtenidas en el año 2017 respecto a las del 2015.

6.4.1.3.- Presencia de hematomas en las canales

En la Tabla 62 se indican los valores de incidencia de los diferentes tipos de hematomas presentes en las canales de los broilers (en espalda, en ala dorsal y en alas) con respecto al empleo, o no, de lonas de protección durante el transporte de estas aves al matadero.

Tabla 62. Presencia de hematomas en espalda, en ala dorsal y en alas según el empleo, o no, de lonas de protección durante el transporte

Hematoma	Tipo de ave	Invierno sin lonas	Verano 2015	Invierno con lonas	Verano 2017	Sig.
Espalda	MP	18,26±6,50	16,61±5,81	15,35±8,05	15,83±6,55	ns
	MF	21,28±5,45 ^a	15,42±5,30 ^b	12,35±4,86 ^c	12,00±4,59 ^c	***
	HP	18,82±7,37 ^a	13,84±3,61 ^b	21,63±9,08 ^c	21,61±5,96 ^c	***
	HF	16,02±5,15 ^a	13,06±4,78 ^b	16,45±6,96 ^a	16,70±5,68 ^a	***
Ala dorsal	MP	18,37±6,32 ^a	18,94±6,77 ^a	13,80±7,56 ^b	17,42±6,49 ^a	***
	MF	14,67±3,94 ^a	15,17±5,18 ^a	9,30±3,25 ^b	10,93±4,16 ^c	***
	HP	16,85±4,94 ^a	20,48±4,95 ^b	19,12±7,99 ^b	26,32±6,35 ^c	***
	HF	16,11±4,59 ^a	17,20±4,43 ^b	15,33±6,03 ^a	19,58±4,94 ^c	***
Alas	MP	11,01±2,99	10,61±2,61	10,72±3,16	10,43±2,57	ns
	MF	16,49±2,96 ^a	14,12±2,88 ^b	14,01±2,65 ^b	13,40±2,44 ^c	***
	HP	12,12±2,07 ^a	12,05±2,70 ^a	10,57±1,90 ^b	13,76±3,14 ^c	***
	HF	13,03±2,39	13,25±2,34	13,62±3,06	13,54±2,27	ns

Sig.: Significancia estadística. ns: no significativo. ***: $P < 0,001$.

^{a,b,c}: letras diferentes difieren significativamente

MP: machos blancos de salida parcial

MF: machos blancos de salida final

HP: hembras blancas de salida parcial

HF: hembras blancas de salida final

El efecto del empleo de lonas durante los transportes de aves a matadero en invierno sobre la aparición de este tipo de lesiones es variable con respecto a los tres tipos de hematomas estudiados.

Se observa un efecto significativamente protector del empleo de lonas durante el transporte a matadero en los machos de salida final respecto a la incidencia de los tres tipos de hematomas: en espalda, en ala dorsal y en alas. En el caso de los machos procedentes de salidas parciales solamente se pudo demostrar un efecto protector de estas lonas respecto a la aparición de hematomas en ala dorsal.

En el caso de las hembras solamente se observó un efecto favorable del uso de las lonas de protección durante el transporte a matadero en invierno en las procedentes de salidas parciales en lo que respecta a la incidencia de hematomas en ala.

Jacobs et al. (2017a) evidenciaron que existía una correlación entre el uso de lonas y la aparición de hematomas, con mayor prevalencia de estas lesiones en el caso de llevar las lonas abiertas. Estos autores comprobaron que la incidencia de hematomas en la pechuga y en las alas de las canales de los broilers se reduce significativamente cuando los transportes se realizan con lonas (2,44 %) en comparación a cuando no se emplean estas medidas de protección (4,16 %), si bien sus datos recogen una incidencia mucho menor a la de nuestro estudio.

Respecto a la evolución temporal en los dos años de estudio, se percibió en el 2017 una tendencia al descenso de la incidencia de hematomas en los machos y al incremento de la

presencia de este mismo defecto en las canales de las hembras, en ambos casos respecto a las aves enviadas al matadero en el año 2015.

6.4.2.- Influencia de la distancia al matadero sobre los parámetros de calidad de las canales

Para evaluar la relación entre la distancia al matadero desde las explotaciones de producción y los diferentes parámetros de calidad estudiados en las canales de los broilers, se establecieron tres categorías según la localización de los núcleos de cebo de estas aves y la extensión del trayecto hasta el matadero:

- corta distancia: menos 40 km entre el núcleo avícola y el matadero. Se correspondió con los lotes procedentes de los núcleos *A Piuca* (35 km) y *Ponterio* (35 km).
- media distancia: distancia comprendida entre los 40 km y los 75 km entre el núcleo avícola y el matadero. Esta categoría se incumbe a los lotes originarios de los núcleos *Cortegada* (52 km), *Altapedra* (53 km) y *Moreiras* (64 km).
- larga distancia: más de 75 km entre el núcleo avícola y el matadero. Serían los lotes procedentes de los núcleos *Xironda* (80 km), *Portomarín* (88 km) y *Fontao* (104 km).

6.4.2.1.- Incidencia de aves muertas a la llegada a matadero

La relación entre la distancia recorrida por los broilers desde el núcleo avícola donde se crían las aves hasta el matadero y la incidencia de aves muertas a la llegada a la planta de procesado se muestra en la Tabla 63.

Tabla 63: Incidencia de aves muertas a la llegada a matadero en función de la distancia existente entre el núcleo avícola y el matadero

Tipo de ave	Aves muertas a la llegada a matadero (%)			Sig.
	Corta distancia	Media distancia	Larga distancia	
MP	0,19±0,12	0,19±0,12	0,15±0,09	ns
MF	0,27±0,21 ^a	0,23±0,15 ^b	0,19±0,13 ^c	*
HP	0,13±0,36 ^a	0,10±0,07 ^a	0,53±0,13 ^b	*
HF	0,18±0,11 ^a	0,21±0,12 ^b	0,17±0,10 ^a	**

Sig.: Significancia estadística. ns: no significativo. *: $P < 0,05$. **: $P < 0,005$.

^{a,b,c}: letras diferentes difieren significativamente

MP: machos blancos de salida parcial

MF: machos blancos de salida final

HP: hembras blancas de salida parcial

HF: hembras blancas de salida final

En general, se observó que la presencia de aves muertas a la llegada a matadero era superior en los animales procedentes de salida finales con respecto a los de salida parcial en todas las categorías de duración del transporte, con la única excepción de las hembras de salida parcial cuando se transportaron desde los núcleos avícolas más lejanos. Esta circunstancia se explicaría por el mayor peso que alcanzan las aves correspondientes a las salidas finales en ambos sexos.

Villaroel et al. (2018b) comprobaron que existía una mayor mortalidad durante el transporte en los lotes de aves que previamente se habían sometido a una salida parcial, en comparación con lo que sucedía cuando todas las aves se retiraban de una única vez. La realización de salidas parciales de las aves de una nave supone un estrés adicional para los animales, un riesgo biológico y una alteración en el ritmo de crecimiento en los animales que quedan en la granja, incrementándose súbitamente la ratio de comederos y bebederos y el

espacio disponible por animal. Asimismo, estas salidas parciales suponen un riesgo mecánico derivado de la apertura de la nave para efectuar la salida de las aves.

Según los resultados obtenidos, se observaron diferencias significativas en todos los tipos de broilers en la incidencia de aves que mueren durante el transporte respecto a la distancia explotación-matadero, excepto en los machos de salida parcial.

En el caso de los broilers machos de salida final, el incremento significativo de la mortalidad durante los transportes a corta distancia podría deberse a que durante ese escaso tiempo de transporte las aves no eran capaces de recuperarse del estrés de la captura. Por otra parte, la elevada mortalidad observada en las hembras de salida parcial que se transportaron a largas distancias se explicaría por la hipotermia que se da en estas aves de bajo peso, como se observó en el estudio previo del empleo o no de lonas de protección en los camiones durante el tiempo frío.

La mayoría de los estudios llevados a cabo sobre la importancia de la distancia entre las explotaciones avícolas y el matadero indican que ésta está directamente relacionada con el incremento de la mortalidad durante el transporte. Villaroel et al. (2018b), analizando el total de datos de la cooperativa, observaron que se incrementaba un 0,0356 % la incidencia de aves que llegan muertas al matadero por cada incremento de 50 km en la distancia explotación-matadero cuando este trayecto se encuentra en un rango de 8 a 119 km.

Chauvin et al. (2011) comprobaron que existe una tendencia al incremento de la mortalidad durante el transporte a medida que aumenta la distancia entre la explotación avícola y el matadero. Por otra parte, Vecerek et al. (2006) también observaron resultados similares de mortalidad de las aves durante su transporte al matadero en distancias inferiores a 50 km (0,14 %), alcanzando su máximo cuando la distancia era superior a los 300 km (0,86 %).

Voslarova et al. (2007), estudiando el transporte de gallinas reproductoras, describieron que el porcentaje de aves muertas a la llegada a matadero es del 0,59 % en distancias menores a los 50 km, incrementándose hasta el 1,63 % en distancias superiores a los 300 km.

En Turquía, Aral et al. (2104), observaron una mortalidad durante el transporte a matadero del 0,29 % cuando la carga y el transporte duraban menos de 120 minutos, aumentado hasta el 0,38 % cuando ambas operaciones duraban entre 121 y 240 minutos y hasta un 0,43 % cuando éstas se alargaban más de 360 minutos. En Brasil, Dos Santos et al. (2020) no hallaron relación entre la distancia recorrida y la mortalidad de las aves durante el transporte, con la excepción de los que tenían lugar en la temporada seca, de julio a septiembre, en la que sí comprobaron que la incidencia de aves muertas a la llegada a matadero se incrementaba.

Es importante destacar que en los países donde se realizaron estos estudios las distancia entre la explotación y el matadero son mucho mayores, y las condiciones climáticas peores que las que influyen en los lotes de broilers de este estudio. Otros autores como Warris et al. (1992) indican que es más influyente la duración del trayecto, en tiempo, y las propias condiciones de transporte, que la distancia en sí misma.

6.4.2.2.- Presencia de arañado en las canales

La incidencia de arañado en las canales de los distintos tipos de broilers estudiados en función de la distancia que existe entre el núcleo avícola en el que se criaron las aves y el matadero se muestra en la Tabla 64. Según los resultados obtenidos, la mayor distancia entre los núcleos avícolas y el matadero se correspondió con un incremento significativo de la incidencia de arañado en las canales, evidenciando que someter a los broilers al efecto de los movimientos del camión durante el transporte de una forma más prolongada se relaciona con la aparición de arañado en las canales de las aves. Asimismo, comprobamos que existe mayor incidencia de arañado en los animales correspondientes a la salida parcial que en los

procedentes de salidas finales, motivado probablemente por el menor peso de estas aves de alivio lo que facilita sus movimientos durante el transporte.

Tabla 64. Presencia de arañado en las canales en función de la distancia existente entre el núcleo avícola y el matadero

Tipo de ave	Presencia de arañado en las canales (%)			Sig.
	Corta distancia	Media distancia	Larga distancia	
MP	28,63±8,77 ^a	27,81±8,63 ^a	31,14±9,82 ^b	***
MF	22,01±5,80 ^a	24,63±7,27 ^b	23,02±6,86 ^c	***
HP	24,34±7,40 ^a	26,51±6,35 ^b	28,78±8,45 ^c	***
HF	19,94±6,00 ^a	21,83±6,22 ^b	20,76±5,77 ^{ab}	***

*Sig.: Significancia estadística. ***: P < 0,001.*

a,b,c: letras diferentes difieren significativamente

MP: machos blancos de salida parcial

MF: machos blancos de salida final

HP: hembras blancas de salida parcial

HF: hembras blancas de salida final

Nuestros resultados coinciden con lo propuesto por Gouveia et al. (2009) al estudiar la presencia de arañado en las alas, dorso, patas, pechuga y cuello de las canales. Estos autores obtuvieron una incidencia total de arañado del 21 % cuando la distancia no superaba los 30 km, aumentando hasta el 35 % cuando este trayecto era de 91 a 120 km. También concuerdan con lo observado por Villaroel et al. (2018a), los cuales determinaron un aumento de 1,58 % en la incidencia de arañado en las canales por cada incremento de 50 km en la distancia recorrida desde la explotación avícola al matadero.

Sin embargo, Pilecco et al. (2011) mostraron una incidencia de 9,16 % de arañados en las canales, valor mucho menor al obtenido en este estudio, con mayor frecuencia y profundidad en machos que en hembras, en las dos estirpes que estudiaron.

Al igual que se cumple en nuestra investigación, otro factor relacionado con la aparición de arañado en las canales es la edad de las aves. Así es más frecuente observarlo en animales jóvenes, con mayores niveles de actividad, ya que los animales de mayor edad pasan más tiempo descansando (Fraser, 1985).

Para Gouveia et al. (2009), la incidencia de arañados también está influenciada por la edad de los animales y por la distancia recorrida en el transporte. Estudiando la presencia de arañado en las canales de pollos criados con salida a campo, estos autores observaron mayor incidencia de esta lesión a medida que aumentaba la edad, lo que relacionaron con un incremento de actividad de las aves al alcanzar la madurez sexual.

Para Hildebrand (2005) entre el 10 % y el 30 % de los decomisos de carcasas de broiler en el matadero se deben a la presencia de arañados en las canales, asociándose en un 70 % a escoriaciones traumáticas localizadas principalmente en la región dorsal (Scanlan y Hargis, 1989).

6.4.2.3.- Presencia de hematomas en las canales

Finalmente, y respecto a la distancia existente entre el núcleo avícola y el matadero, se estudió la incidencia de hematomas en las canales, concretamente en la espalda, en ala dorsal y en alas. Los resultados obtenidos para estos hematomas se reflejan en la Tabla 65.

Tabla 65. Presencia de hematomas en espalda, en ala dorsal y en alas en función de la distancia existente entre el núcleo avícola y el matadero

Hematoma	Tipo de ave	Corta distancia	Media distancia	Larga distancia	Sig.
Espalda	MP	16,57±6,26	16,74±6,61	15,07±7,02	ns
	MF	14,04±5,52 ^a	14,99±5,94 ^b	12,87±5,58 ^c	***
	HP	18,23±5,98	18,47±6,97	20,50±9,33	ns
	HF	14,11±6,04 ^a	15,79±5,32 ^b	16,34±6,08 ^b	***
Ala dorsal	MP	18,77±7,30	16,90±6,53	16,34±6,96	ns
	MF	12,45±4,35	13,05±5,27	11,01±4,85	ns
	HP	20,98±5,51 ^a	22,25±7,55 ^a	25,25±7,76 ^b	***
	HF	16,50±4,91 ^a	17,86±5,19 ^b	19,59±4,90 ^c	***
Alas	MP	11,09±2,61 ^a	10,57±3,02 ^{ab}	9,93±2,19 ^b	***
	MF	14,52±2,66 ^a	14,24±2,94 ^a	13,10±2,58 ^b	***
	HP	12,29±2,53	12,50±3,16	13,21±3,19	ns
	HF	13,28±2,44	13,54±2,46	13,02±2,41	ns

Sig.: Significancia estadística. ns: no significativo. ***: $P < 0,001$.

^{a,b,c}: letras diferentes difieren significativamente

MP: machos blancos de salida parcial

MF: machos blancos de salida final

HP: hembras blancas de salida parcial

HF: hembras blancas de salida final

En primer lugar, la incidencia de hematomas en la espalda de las canales solamente se ve afectada significativamente por la distancia de transporte en el caso de los broilers procedentes de salidas finales. En estas aves, la presencia de hematomas en la espalda se reduce significativamente en los trayectos más cortos entre el núcleo avícola y el matadero. Gouveia et al. (2009) afirmaron que los hematomas dorsales sólo aparecían en los trayectos intermedios de transporte al matadero y con muy baja frecuencia. Estos mismos autores describieron que la mayoría de los hematomas de la canal estaban localizados en la pechuga y eran de presentación reciente, lo que sugería la falta de entrenamiento del personal implicado en la recogida.

Respecto a la aparición de hematomas en ala dorsal, solamente se pudo comprobar que existía una relación entre la incidencia de esta lesión y la distancia de transporte en las hembras, tanto de salida parcial como de salida final. A medida que aumentaba la distancia recorrida desde el núcleo avícola al matadero se incrementaba significativamente la aparición hematomas en ala dorsal en ambos tipos de hembras. Por el contrario, los hematomas en alas aumentaban significativamente únicamente en los machos, tanto de salida parcial como de salida final, cuando el trayecto desde el núcleo avícola hasta el matadero se reducía. Dos Santos et al. (2020) no observaron ninguna relación entre la distancia al matadero y la incidencia de hematomas en ala (5,2 %) ni con la presencia de hematomas en la pechuga (3,1 %). Es de destacar que la presencia de estas lesiones es mucho menor que la observada en nuestro estudio.

Con respecto al total de hematomas, Costa et al. (2007) observaron mayores incidencias de este tipo de lesiones en mataderos avícolas de Brasil, determinando un 38,2 % y un 20,1 % de incidencia de hematomas en dos mataderos distintos, sin diferencias significativas en la incidencia de este defecto en las canales de las hembras con respecto a las de los machos. Sin embargo, Romero et al. (2014) si observaron una mayor incidencia de hematomas en las alas de los machos y mayor presencia de hematomas en espalda en las hembras, siendo en todos los

casos mayor la incidencia de estas lesiones en el pollo de asador con respecto a un pollo de mayor peso final.

Por otra parte, Tondeur y Lopez-Brea (2015), estudiando la calidad de las canales de los broilers en diez mataderos españoles, sitúan la incidencia total de hematomas entre el 20 % y el 40 %.

6.4.3.- Influencia del tiempo de espera en matadero sobre los parámetros de calidad de las canales

Para el estudio de la relación entre el tiempo de espera de los broilers en el matadero, desde la llegada al centro de procesamiento hasta el sacrificio, se establecieron tres categorías:

- espera corta: menos de 120 minutos de espera en el matadero
- espera moderada: de 121 a 240 minutos transcurridos entre la llegada a matadero y el sacrificio
- espera larga: más de 241 minutos de espera en el matadero

6.4.3.1.- Incidencia de aves muertas a la llegada a matadero

En primer lugar, se estudió la relación entre el tiempo de espera de las aves en el matadero y la mortalidad de las aves previa al sacrificio (Tabla 66).

Tabla 66. Incidencia de aves muertas a la llegada a matadero en función del tiempo de espera para el procesamiento

Tipo de ave	Aves muertas a la llegada a matadero (%)			Sig.
	Espera corta	Espera moderada	Espera larga	
MP	0,15±0,08 ^a	0,17±0,11 ^b	0,21±0,12 ^c	***
MF	0,19±0,11 ^a	0,23±0,17 ^b	0,31±0,22 ^c	***
HP	0,09±0,09 ^a	0,16±0,84 ^a	0,47±1,73 ^b	*
HF	0,17±0,10 ^a	0,20±0,12 ^b	0,22±0,13 ^b	***

Sig.: Significancia estadística. ns: no significativo. *: $P < 0,05$. ***: $P < 0,001$.

^{a,b,c}: letras diferentes difieren significativamente

MP: machos blancos de salida parcial

MF: machos blancos de salida final

HP: hembras blancas de salida parcial

HF: hembras blancas de salida final

Como podemos observar, para todas las categorías de aves se comprobó que la mortalidad se reducía significativamente cuando el tiempo de espera en el matadero era inferior a 120 minutos. A pesar de tener bien acondicionado el muelle de espera, los resultados fueron peores cuanto más se retrasó la entrada a faenado.

Estos resultados son similares a los aportados por Villaroel et al. (2018b), los cuales comprobaron que existía un incremento del 11,6 % en la mortalidad de las aves por cada incremento de 60 minutos en el tiempo de espera en el matadero antes de su sacrificio.

También coinciden con los de Nijdam et al. (2004), autores que obtuvieron un *odds ratio* de 1,03 en la mortalidad de las aves por cada aumento de 15 minutos en el tiempo de espera en mataderos avícolas de Holanda y Alemania. Estos autores reportaron que la mortalidad media en el presacrificio era del 0,46 %, más del doble de la obtenida en este estudio.

Por el contrario, autores como Vieira et al. (2011) defienden la necesidad de establecer tiempos de espera prolongados durante los meses cálidos del año, siempre que esa espera se haga en ambiente controlado. De esta manera se conseguiría disminuir la mortalidad de las aves

al permitirles reducir el estrés térmico que sufren por las altas temperaturas. Asimismo, Grilli et al. (2018) también comprobaron que era positivo incrementar el tiempo de espera para reducir la mortalidad de las aves.

Según lo observado, y lo recopilado de la bibliografía, parece evidente que el tiempo de espera entre la llegada de los broilers al matadero y su sacrificio es uno de los principales factores implicados en la mortalidad de las aves, junto con la duración del transporte.

6.4.3.2.- Presencia de arañado en las canales

Se evaluó la relación entre la aparición de arañado en las canales y el tiempo de espera de las aves en el matadero, desde su llegada hasta su sacrificio (Tabla 67). Así, se comprobó que la presencia de arañado en las canales no está relacionada con el tiempo de espera de los broilers en el matadero. Esto sugiere que la aparición de este defecto en las canales puede deberse al manejo en la granja, durante la captura y el transporte, y no al tiempo de espera o el faenado.

Tabla 67. Presencia de arañado en las canales según el tiempo de espera en el matadero

Tipo de ave	Presencia de arañado en las canales (%)			Sig.
	Espera corta	Espera moderada	Espera larga	
MP	29,47±8,81	29,47±9,10	27,56±9,05	ns
MF	23,19±6,64	23,46±6,64	23,46±7,53	ns
HP	26,99±7,31	25,37±7,19	25,18±6,95	ns
HF	21,18±6,70	20,79±5,86	21,23±6,05	ns

Sig.: Significancia estadística. ns: no significativo.

MP: machos blancos de salida parcial

MF: machos blancos de salida final

HP: hembras blancas de salida parcial

HF: hembras blancas de salida final

Lo observado en este estudio coincide con lo señalado por Pilecco et al. (2012), autores que consideraron el manejo durante la captura como el factor de mayor influencia en la aparición de arañados en las canales (73 %), seguido del manejo llevado a cabo durante la crianza de los animales (17 %) y del equipamiento de la nave (10 %). Para Pilecco et al. (2013), el entrenamiento de los equipos de captura puede reducir hasta un 33 % la incidencia de arañado dorsal en las canales.

6.4.3.3.- Presencia de hematomas en las canales

Finalmente, respecto al tiempo de espera en el matadero de los broilers, se evaluó la relación entre este parámetro y la incidencia de hematomas en la espalda, en ala dorsal y en alas en las canales (Tabla 68). A la vista de los resultados obtenidos, podemos afirmar que la incidencia de hematomas en las canales presenta resultados muy dispares en función del tiempo de espera de las aves en el matadero.

Tabla 68. Presencia de hematomas en espalda, en ala dorsal y en alas en función del tiempo de espera en el matadero

Hematoma	Tipo de ave	Espera corta	Espera moderada	Espera larga	Sig.
Espalda	MP	14,48±6,98 ^a	16,69±6,85 ^b	17,04±5,76 ^b	*
	MF	14,53±6,17	14,10±5,65	14,08±5,62	ns
	HP	18,91±7,01	18,39±7,23	18,96±6,39	ns
	HF	15,48±5,09 ^a	15,55±6,03 ^a	14,24±5,81 ^b	*
Ala dorsal	MP	15,60±7,59 ^a	17,51±7,05 ^{ab}	18,61±6,11 ^b	*
	MF	12,66±5,21	12,45±4,99	11,92±4,42	ns
	HP	23,65±7,20 ^a	21,11±6,43 ^b	21,54±7,59 ^b	**
	HF	17,39±4,89	17,82±5,37	17,26±4,91	ns
Alas	MP	11,06±2,65 ^a	10,80±2,88 ^a	9,99±2,47 ^b	*
	MF	14,40±2,79 ^a	14,14±2,77 ^a	13,39±2,90 ^b	***
	HP	12,71±3,19	12,30±2,73	12,76±2,90	ns
	HF	13,24±2,64	13,49±2,33	13,27±2,47	ns

Sig.: Significancia estadística. ns: no significativo.

*: $P < 0,05$. **: $P < 0,005$. ***: $P < 0,001$

^{a,b}: letras diferentes difieren significativamente

MP: machos blancos de salida parcial

MF: machos blancos de salida final

HP: hembras blancas de salida parcial

HF: hembras blancas de salida final

Por una parte, la incidencia de hematomas en la espalda y en ala dorsal de las canales obtenidas a partir de los broilers machos de salida parcial se reduce significativamente cuando los tiempos de espera son cortos. Por el contrario, la presencia de hematomas en las alas de las canales de los broilers machos, tanto de salida parcial como de salida final, disminuye significativamente cuando estas aves permanecen largos periodos de tiempo en el matadero antes de ser sacrificadas.

Respecto a las hembras, se advirtió la influencia del tiempo de espera en este tipo de aves respecto a la incidencia de hematomas en la espalda y en ala dorsal. Así, en las hembras de salida final, la presencia de hematomas en la espalda se reducía significativamente en los lotes de este tipo de aves que más tiempo esperaron en el matadero. Del mismo modo, la aparición de hematomas en ala dorsal de las canales producidas por las hembras de salida parcial disminuía significativamente en los tiempos de espera más largos estudiados.

Estos efectos tan diversos hacen poco probable que el tiempo de espera tenga una relación clara con la aparición de hematomas en las canales de los broilers, tal y como afirman Gouveia et al. (2009).

6.4.4.- Influencia de la temperatura máxima ambiental durante el transporte

De entre las condiciones ambientales relacionadas con el transporte de las aves al matadero, y que pueden influir sobre la calidad de las canales obtenidas, se seleccionó la temperatura máxima y mínima diarias para relacionarlas con los diferentes parámetros de calidad de las canales.

En este estudio se consideró la temperatura máxima como la mayor temperatura alcanzada durante el día del transporte. A pesar de que el efecto de esta temperatura máxima no se correspondió directamente con el momento del transporte, ya que éste se realiza normalmente

de noche, las altas temperaturas influyeron sobre la calidad de la canal en lo que respecta al estrés provocado por las temperaturas durante el día de la recogida y en los días previos.

En países mediterráneos, las condiciones ambientales provocan estrés por calor y aumento de la incidencia de aves muertas a la llegada a matadero, principalmente durante los meses de verano, ya que la temperatura supera los 25 °C y la humedad relativa es mayor al 70 %. Esta combinación de temperatura y humedad alta puede llevar al animal a una hipertermia que produce hiperventilación con jadeos, alcalosis respiratoria e incremento de la temperatura corporal hasta un nivel letal.

Para determinar la relación entre la temperatura máxima ambiental durante el día del transporte de las aves al matadero y los parámetros de calidad de las canales, se establecieron tres categorías en las que se clasificaron todos los lotes de aves estudiados:

- temperatura máxima igual o inferior a los 19 °C durante el día del transporte de las aves al matadero
- temperatura máxima entre los 19 °C y 28 °C durante el día del transporte de las aves al matadero
- temperatura máxima igual o superior a los 28 °C durante el día del transporte de las aves al matadero

6.4.4.1.- Incidencia de aves muertas a la llegada a matadero

Al evaluar la relación entre la temperatura máxima del día en que se realizó el transporte de las aves al matadero y la incidencia de aves muertas a la llegada a la planta de procesado se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 69.

Tabla 69. Incidencia de aves muertas a la llegada a matadero en función de la temperatura máxima del día del transporte de las aves al matadero

Tipo de ave	Aves muertas a la llegada a matadero (%)			Sig.
	T ^a máxima ≤19 °C	T ^a máxima 19-28 °C	T ^a máxima ≥28 °C	
MP	0,19±0,11 ^a	0,21±0,12 ^a	0,15±0,10 ^b	**
MF	0,21±0,12 ^a	0,24±0,15 ^b	0,26±0,22 ^c	***
HP	0,37±1,50 ^a	0,09±0,06 ^b	0,07±0,06 ^b	**
HF	0,19±0,11	0,20±0,12	0,19±0,11	ns

Sig.: Significancia estadística. ns: no significativo. **: P < 0,005. ***: P < 0,001.

^{a,b,c}: letras diferentes difieren significativamente

MP: machos blancos de salida parcial

MF: machos blancos de salida final

HP: hembras blancas de salida parcial

HF: hembras blancas de salida final

En las aves correspondientes a las salidas parciales, tanto en machos como en hembras, se observó un descenso significativo de la incidencia de aves muertas a la llegada a matadero cuando éstas se transportaban en los días de temperaturas máximas más elevadas. En los machos de salida parcial esto se explicaría por la menor densidad de carga en verano, momento en el que tienen lugar las temperaturas máximas más elevadas durante el transporte. En el caso de las hembras de salida parcial, su bajo peso y peor emplume provocaría estrés por frío en los transportes con temperaturas máximas más bajas y como consecuencia un incremento de la mortalidad de estas aves.

En las aves de salida final, solamente se observó un aumento significativo y progresivo de la mortalidad en los machos a medida que se incrementaba la temperatura máxima exterior. Al

presentar los machos un peso más elevado que las hembras son más sensibles al estrés por calor, lo que podría explicar este resultado.

Diversos autores demostraron que las condiciones ambientales afectan significativamente a la incidencia de aves muertas a la llegada a matadero (Bayliss et al., 1990; Nijdam et al., 2004). Webster et al. (1993) observaron que los broilers alcanzaban mayor confort térmico durante el transporte a matadero cuando la temperatura exterior estaba entre 18 °C-26 °C, y que la velocidad del aire producía además un gran estrés térmico por frío en aves pequeñas o mal emplumadas. Por otra parte, Warris et al. (2005) comprobaron que la mortalidad se reducía del 0,22 % al 0,16 % de marzo a agosto al reducir progresivamente la densidad de carga en las cajas de transporte, a pesar del incremento creciente de la temperatura ambiente. Teke et al. (2019) detectaron incrementos significativos de la incidencia de aves muertas a la llegada a matadero a partir de 20 °C de temperatura ambiente. Jacobs et al (2017a) comprobaron que existe una interacción significativa entre el número de aves que jadean en las cajas de transporte y el porcentaje de DOA. En nuestro estudio, la mayor influencia de las temperaturas exteriores elevadas sobre la incidencia de aves muertas a la llegada a matadero fue para los machos de mayor peso.

6.4.4.2.- Presencia de arañado en las canales

La incidencia de arañado en las canales de los broilers según las tres categorías de temperatura máxima del día del transporte de las aves al matadero se muestra en la Tabla 70. En el caso de la presencia de arañado en las canales, comprobamos que, en los machos, tanto de salida final como de salida parcial, la incidencia de este defecto desciende significativamente cuando nos encontramos en el rango de temperaturas de confort para las aves (19 °C a 28 °C). Respecto a las hembras, se observó un aumento significativo de la incidencia de arañado en las canales obtenidas de las hembras de salida final a medida que se incrementaba la temperatura exterior.

Tabla 70. Presencia de arañado en las canales en función de la temperatura máxima del día del transporte de las aves al matadero

Tipo de ave	Presencia de arañado en las canales (%)			Sig.
	T ^a máxima ≤19 °C	T ^a máxima 19-28 °C	T ^a máxima ≥28 °C	
MP	27,94±9,26 ^a	25,10±7,25 ^b	32,48±8,70 ^c	***
MF	23,15±7,23 ^a	22,07±6,46 ^b	24,76±6,41 ^c	***
HP	24,95±7,56	27,04±7,36	25,94±6,74	ns
HF	19,85±6,25 ^a	21,05±6,38 ^b	22,18±5,54 ^c	***

Sig.: Significancia estadística. ns: no significativo. ***: P< 0,001.

MP: machos blancos de salida parcial

MF: machos blancos de salida final

HP: hembras blancas de salida parcial

HF: hembras blancas de salida final

Resultados similares fueron reportados por Villaroel et al. (2018a), los cuales observaron una máxima proporción de arañados en las canales cuando la temperatura exterior era de 31 °C, aumentando la incidencia a medida que se incrementaba la temperatura ambiental. Con respecto al sexo, al igual que en nuestros datos, observaron que los machos presentaban mayor incidencia de arañado, un 23 %, con respecto a las hembras de salida final y de salida parcial, 20,1 % y 20,2 % respectivamente.

6.4.4.3.- Presencia de hematomas en las canales

Finalmente, se estudió la influencia de la temperatura máxima del día del transporte de las aves al matadero sobre la aparición de hematomas en distintas partes de las canales (Tabla 71).

Los resultados obtenidos respecto a la incidencia de hematomas en las canales respecto a la temperatura máxima ambiental mostraron una gran variabilidad. Respecto a la aparición de hematomas en espalda, las temperaturas máximas más bajas durante el transporte a matadero mostraron una influencia significativa en el incremento de aparición de este defecto de calidad en las canales obtenidas a partir de los machos de salida final y de las hembras de salida parcial y de salida final.

Tabla 71. Presencia de hematomas en las canales en función de la temperatura máxima del día del transporte de las aves al matadero

Hematoma	Tipo de ave	T ^a máxima ≤19 °C	T ^a máxima 19-28 °C	T ^a máxima ≥28 °C	Sig.
Espalda	MP	17,58±7,49	15,98±5,79	15,32±6,08	ns
	MF	15,52±6,60 ^a	13,58±5,79 ^b	13,31±4,39 ^b	***
	HP	19,86±8,04 ^a	18,72±7,70 ^{ab}	17,59±5,05 ^b	*
	HF	16,01±5,70 ^a	15,17±6,29 ^{ab}	14,48±5,13 ^c	**
Ala dorsal	MP	16,94±7,76	17,83±5,95	17,63±6,86	ns
	MF	11,40±4,71 ^a	13,68±5,68 ^b	12,38±4,25 ^c	***
	HP	18,98±7,18 ^a	23,38±6,68 ^b	23,86±6,17 ^b	***
	HF	16,39±5,20 ^a	18,15±5,62 ^b	18,38±4,29 ^b	***
Alas	MP	10,67±2,95	10,75±2,50	10,43±2,69	ns
	MF	14,43±3,12 ^a	14,05±2,28 ^{ab}	13,70±2,86 ^b	ns
	HP	11,53±2,35 ^a	12,81±3,21 ^b	13,10±2,95 ^b	***
	HF	13,14±2,56	13,69±2,38	13,32±2,36	ns

Sig.: Significancia estadística. ns: no significativo.

*: P < 0,05. **: P < 0,005. ***: P < 0,001

^{a,b,c}: letras diferentes difieren significativamente

MP: machos blancos de salida parcial

MF: machos blancos de salida final

HP: hembras blancas de salida parcial

HF: hembras blancas de salida final

Se observó también un efecto significativo protector de las temperaturas máximas más bajas sobre la aparición de hematomas en el ala dorsal en las hembras y en los machos de salida final, así como en las hembras de salida parcial.

En el caso de la incidencia de hematomas en alas en las canales de los broilers, solamente se observó un efecto significativo de las temperaturas máximas en las hembras de salida parcial, comprobándose que existía una menor incidencia de este defecto cuando las temperaturas máximas durante el transporte al matadero alcanzaban los valores más bajos.

Para Nijdam et al. (2004), la carga y transporte de los broilers durante el verano incrementaba la incidencia de hematomas, en comparación con lo que sucedía en otoño e invierno. Hamdy et al. (1961) consideraron que los hematomas eran más perceptibles cuando las temperaturas eran elevadas, probablemente como consecuencia del incremento fisiológico del riego sanguíneo que tiene lugar con las temperaturas altas para aumentar la disipación del calor.

6.4.5.- Influencia de la temperatura mínima ambiental durante el transporte

Otra de los parámetros ambientales relacionados con el transporte de las aves al matadero y que puede influir en la calidad de las canales, es la temperatura mínima ambiental.

Si la temperatura ambiental excede la capacidad del broiler para mantener la temperatura corporal, se produce una hipotermia que conducirá a la muerte cuando la temperatura corporal disminuya a 19 o 20°C (Sturkie, 1946).

Para evaluar esta posible relación entre temperatura mínima ambiental y la calidad de las canales obtenidas, se asoció el valor de la temperatura mínima alcanzada el día del transporte a cada lote de aves estudiado. Al contrario de lo que sucede con las temperaturas máximas, al realizarse el transporte normalmente de noche, los efectos de las temperaturas mínimas ambientales fueron sufridos directamente por los animales.

En función de la temperatura mínima ambiental del día del transporte de los broilers al matadero, los lotes de aves se clasificaron en tres categorías:

- temperatura mínima igual o inferior a los 6 °C durante el día del transporte de las aves al matadero
- temperatura mínima comprendida entre los 6 °C y 15 °C durante el día del transporte de las aves al matadero
- temperatura mínima igual o superior a los 15 °C durante el día del transporte de las aves al matadero

6.4.5.1.- Incidencia de aves muertas a la llegada a matadero

La relación entre la temperatura mínima del día en que se realizó el transporte de las aves al matadero y la incidencia de aves muertas a la llegada a la planta de procesado se muestra en la Tabla 72.

Tabla 72. Incidencia de aves muertas a la llegada a matadero en función de la temperatura mínima del día del transporte de las aves al matadero

Tipo de ave	Aves muertas a la llegada a matadero (%)			Sig.
	T ^a mínima ≤6 °C	T ^a mínima 6-15 °C	T ^a mínima ≥15 °C	
MP	0,20±0,11 ^a	0,19±0,11 ^a	0,14±0,10 ^b	**
MF	0,22±0,12	0,24±0,19	0,24±0,18	ns
HP	0,36±1,60 ^a	0,13±0,32 ^b	0,07±0,06 ^b	*
HF	0,22±0,13 ^a	0,18±0,10 ^b	0,20±0,13 ^a	***

Sig.: Significancia estadística. ns: no significativo.

*: P < 0,05. **: P < 0,005. ***: P < 0,001.

^{a,b}: letras diferentes difieren significativamente

MP: machos blancos de salida parcial

MF: machos blancos de salida final

HP: hembras blancas de salida parcial

HF: hembras blancas de salida final

Según comprobamos, para todos los tipos de broilers estudiados, excepto los machos correspondientes a la salida final, se apreció un incremento significativo en la incidencia de aves muertas a la llegada a matadero en los lotes de broilers transportados los días en los que la temperatura mínima alcanzó los valores más bajos.

En el caso de los machos de salida final, la ausencia del efecto esperado de la temperatura mínima diaria, según lo observado en los restantes tipos de aves, se podría deber a la protección que supondría el mayor peso de este tipo de aves frente al frío. Resultados similares obtuvieron

Dadgar et al. (2011), que, en condiciones de clima frío, comprobaron que a medida que aumentaba la edad, y, por tanto, el peso de los animales se reducía el riesgo de mortalidad durante el transporte.

Las hembras aliviadas son el tipo de broiler que más sufren el efecto de la temperatura mínima diaria, según lo observado en este estudio. Esta alta mortalidad se explicaría por su bajo peso y deficiente emplume.

Nuestros resultados coinciden con lo determinado por Vecerek et al. (2016), en la República Checa, estos autores observaron una mayor mortalidad en los broilers transportados a temperaturas de -6 °C a -3,1 °C, no obteniendo diferencias significativas en los grupos de 0 °C a 21 °C. Estos mismos autores determinaron que la incidencia de aves que morían durante el transporte al matadero era de entre 0,26 % y 0,48 % en función de la estación del año, siendo en todo caso más elevadas que las obtenidas en nuestro estudio.

Por el contrario, Grilli et al. (2018) afirmaron que las hembras de poco peso son el tipo de ave que menos se ve afectado por las condiciones climáticas, la duración del transporte y por el tiempo de espera. También Strawford et al. (2011) consideraron más resistentes a las temperaturas bajas a las hembras de broilers que a los machos. Esto fue debido a la mejor cubierta de plumas y a la mayor cantidad de grasa abdominal que presentaban las hembras. Así, en nuestro estudio, a pesar de que tanto los machos como las hembras de salida final presentaban pesos elevados, la incidencia de aves que llegan muertas al matadero en el caso de las hembras de salida final fue inferior que en los machos.

6.4.5.2.- Presencia de arañado en las canales

El siguiente parámetro por evaluar fue la incidencia de arañado en las canales. Se estudió la presencia de esta lesión según la temperatura mínima del día en que se realizó el transporte de las aves al matadero (Tabla 73).

Tabla 73. Presencia de arañado en las canales según la temperatura mínima del día del transporte de las aves al matadero

Tipo de ave	Presencia de arañado en las canales (%)			Sig.
	Tª mínima ≤6 °C	Tª mínima 6-15 °C	Tª mínima ≥15 °C	
MP	26,72±9,08 ^a	28,18±8,10 ^a	32,97±9,83 ^b	***
MF	24,44±7,40 ^a	22,28±6,30 ^b	24,67±6,77 ^a	***
HP	25,63±8,11	25,98±6,61	26,39±7,45	ns
HF	18,54±5,19 ^a	21,65±6,39 ^b	21,85±5,82 ^b	***

Sig.: Significancia estadística. ns: no significativo. ***: P < 0,001.

MP: machos blancos de salida parcial

MF: machos blancos de salida final

HP: hembras blancas de salida parcial

HF: hembras blancas de salida final

Como podemos observar, la presencia de arañado en las canales de los machos de salida parcial se incrementa significativamente en los lotes transportados con las temperaturas mínimas más elevadas. En los machos de salida final, el intervalo de temperatura mínima intermedio se correspondió con un descenso significativo de la presencia de arañado en las canales de este tipo de aves, a pesar de que temperaturas mínimas inferiores a 15 °C ya sugieren estrés térmico.

Respecto a las hembras, solamente se manifestaron diferencias significativas en la incidencia de arañado de las canales en función de la temperatura mínima en el caso de las hembras de salida final. Así se observó una reducción significativa de la presencia de arañado en sus canales cuando se transportaban a temperaturas mínimas ambientales más bajas, al igual que ocurre en los machos de salida parcial.

Tanto en machos como en hembras, estos efectos observados podrían ser debidos a una mayor movilidad de los animales cuando las temperaturas ambientales son más cercanas a su confort térmico, o también como consecuencia de una mayor movilidad en la granja en el momento de la captura.

Los resultados obtenidos están en consonancia con lo descrito por Villaroel et al. (2018a), los cuales afirmaron que en ambos sexos la aparición de arañados en la canal es mayor en las aves procedentes de salidas parciales que en las correspondientes a las salidas finales. Asimismo, la incidencia de arañado es similar a la obtenida por Gouveia et al. (2009).

6.4.5.3.- Presencia de hematomas en las canales

Por último, se evaluó la influencia de la temperatura mínima del día del transporte de las aves al matadero respecto a la incidencia de hematomas en la canal. La presencia de hematomas en espalda, ala dorsal y alas se muestra en la Tabla 74. Respecto a la presencia de hematomas en la espalda de las canales obtenidas a partir de los broilers hembras, tanto en las de salida parcial como de salida final, la incidencia de este tipo de hematomas se redujo significativamente cuando los transportes se realizaron con las temperaturas mínimas más elevadas. Situación similar se observó en las canales de los machos de salida final, en tanto que en los broilers machos no existieron diferencias significativas.

Tabla 74. Presencia de hematomas en espalda, en ala dorsal y en alas según la temperatura mínima del día del transporte de las aves al matadero

Hematoma	Tipo de ave	T ^a mínima ≤6 °C	T ^a mínima 6-15 °C	T ^a mínima ≥15 °C	Sig.
Espalda	MP	15,69±6,69	16,74±7,07	16,13±5,30	ns
	MF	14,37±6,48 ^a	14,90±5,86 ^a	12,31±3,93 ^b	***
	HP	21,16±8,98 ^a	17,72±6,34 ^b	17,96±5,38 ^b	***
	HF	15,66±6,47 ^a	15,64±5,75 ^a	13,93±4,73 ^b	***
Ala dorsal	MP	15,70±7,53 ^a	17,97±6,68 ^b	18,39±6,51 ^b	*
	MF	10,83±4,38 ^a	13,29±5,31 ^b	12,29±4,18 ^c	***
	HP	20,27±8,02 ^a	21,68±6,46 ^a	24,92±6,01 ^b	***
	HF	15,90±5,66 ^a	18,44±5,15 ^b	17,29±4,06 ^c	***
Alas	MP	10,15±2,43 ^a	11,06±2,92 ^b	10,06±2,44 ^a	**
	MF	14,41±3,05 ^a	13,96±2,83 ^b	13,87±2,43 ^b	*
	HP	11,45±2,34 ^a	12,28±2,93 ^b	13,95±2,95 ^c	***
	HF	13,18±2,58	13,43±2,43	13,44±2,37	ns

Sig.: Significancia estadística. ns: no significativo.

*: P < 0,05 ** P < 0,005. ***: P < 0,001

^{a,b,c}: letras diferentes difieren significativamente

MP: machos blancos de salida parcial

MF: machos blancos de salida final

HP: hembras blancas de salida parcial

HF: hembras blancas de salida final

La incidencia de hematomas en ala dorsal de las canales, tanto en broilers machos como hembras, tanto de salida parcial como de salida final, disminuyó significativamente cuando los transportes a matadero tuvieron lugar con las temperaturas mínimas ambientales más bajas.

En el caso de los hematomas en alas, en los broilers hembras de salida parcial la incidencia de esta lesión descendió significativamente en los transportes que se correspondían con las temperaturas mínimas ambientales más bajas, sin que se vea esa influencia en las hembras de salida final. Con respecto a los machos de salida parcial, la presencia de hematomas en alas alcanzó un aumento significativo cuando la temperatura mínima ambiental presentaba los valores intermedios. Por el contrario, en los machos de salida final, la temperatura mínima ambiental más baja se correspondió con la mayor incidencia de hematomas.

Mayes (1980) demostró que existía una mayor prevalencia de hematomas en las hembras con respecto a los machos, y que estas lesiones se incrementaban con la edad y el peso de los animales. Esto coincidiría con nuestros resultados en cuanto a la incidencia de hematomas en espalda y ala dorsal de las canales de las aves de salida tanto parcial como final con respecto al sexo, pero son opuestos a los relativos al peso y edad de los animales.

Para Dos Santos et al. (2020) la prevalencia de hematomas en las alas no está influenciada ni por la distancia ni por la estación del año, obteniendo además valores más bajos de los que observamos en nuestro estudio, en torno al 5 %. Para Reali (1994), la captura y carga de las aves en las explotaciones es la causa de un 11,0 % de los hematomas en pechuga, de un 32,8 % de los hematomas en pata y de un 38,2 % de los hematomas en alas. Griffiths y Nairn (1984) comprobaron que cerca de un 40 % de los hematomas se deben a las labores de captura y carga de los animales en las explotaciones avícolas, en todo caso previamente al transporte. De esta forma, también es probable que en las salidas parciales exista un mayor riesgo de producirse golpes por contacto entre las aves, ya que estos broilers se encuentran a mayor densidad en las naves de cebo durante las salidas parciales que en las finales.

7. CONCLUSIONES

7. CONCLUSIONES

1. El empleo de camas de viruta, cascarilla o *dry bed* durante la cría de broilers no influyó sobre los parámetros productivos alcanzados por estas aves. Tampoco se comprobó la interacción entre el tipo de cama y el sexo de las aves, aunque sí se evidenciaron diferencias productivas ligadas a la distinta eficiencia que muestran machos y hembras.
2. La viruta de madera se mostró como el material más adecuado para emplearse en las camas durante el cebo de los broilers, pues se asoció a una reducción significativa de la incidencia de pododermatitis y de arañado en las canales obtenidas. En cuanto a la cascarilla de arroz y el *dry bed*, ambos tienen comportamiento similar y suponen buenas alternativas a la viruta.
3. Es posible reducir la incidencia de miopatías en la pechuga de los broilers, mediante el empleo de piensos en forma de harina o de grano con el objetivo de lograr una ralentización del crecimiento de estas aves, y moderar la aparición de alteraciones musculares derivadas de una ganancia de peso elevada.
4. La alimentación de los broilers con piensos en grano resultó ser un factor predisponente para el incremento de la incidencia de pododermatitis en las canales de estas aves con respecto al empleo de piensos en harina.
5. La presencia de pechuga de madera se asoció significativamente a los broilers machos, en tanto que la aparición de pechuga de espagueti se relacionó con las hembras de broiler.
6. El frío intenso incrementó la mortalidad en los broilers jóvenes durante su transporte a matadero, debido a su bajo peso y poco emplumado, lo que implica la necesidad de utilizar lonas de protección durante su transporte en invierno.
7. El incremento del tiempo que transcurre entre la llegada de los broilers al matadero y su procesado estuvo relacionado con un aumento de la mortalidad de las aves, aunque el hecho de tratarse de un área de espera bien acondicionada permitió mantener esta incidencia en unos valores aceptables.
8. La incidencia de arañado se redujo significativamente en casi todos los grupos de aves estudiados cuando la temperatura ambiental mínima y máxima se encontraba próxima a la zona de confort de los broilers.
9. La relación entre la incidencia de hematomas en espalda, ala dorsal y alas de las canales de los broilers y los parámetros de transporte estudiados no mostró resultados concordantes, por lo que se determinó que la aparición de estas lesiones se debe probablemente a factores más asociados con manejo y carga que al transporte en sí.

8. BIBLIOGRAFÍA

8. BIBLIOGRAFÍA

- Adeola, O., Cowieson, A.J. 2011. Board-invited review: opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve nonruminant animal production. *Journal of Animal Science* 89(10), 3189-3218.
- AESAN. 2019. Informe análisis de datos de zoonosis, 2019. Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. Ministerio de Consumo. https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/control_oficial/2019_Informe_AESA_N_Analisis_Datos_Zoonosis.pdf. (Fecha de consulta: 02/03/2021).
- Agafac. 2020. Asociación gallega de fabricantes de alimentos compuestos. <https://www.agafac.es>. (Fecha de consulta: 02/02/2021).
- Aksu, D.S., Aksu, T., Baytok, E. 2010. The effects of replacing inorganic with a lower level of organically complexed minerals (Cu, Zn and Mn) in broiler diets on lipid peroxidation and antioxidant defense systems. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 23(8), 1066-1072.
- Alegre, A. 2015. Tipos y manejo de la cama-yacija para aves. *Avinews* 11, 19-31.
- Alimarket. 2021. Informe del sector avícola en España. <https://www.alimarket.es/>. (Fecha de consulta: 24/06/2021).
- Allain, V., Mirabito, L., Arnould, C., Colas, M., Le Bouquin, S., Lupo, C., Michel, V. 2009. Skin lesions in broiler chickens measured at the slaughterhouse: relationships between lesions and between their prevalence and rearing factors. *British Poultry Science* 50(4), 407-417.
- Alnahhas, N., Berri, C., Chabault, M., Chartrin, P., Boulay, M., Bourin, M.C., Bihan-Duval, E. 2016. Genetic parameters of white striping in relation to body weight, carcass composition, and meat quality traits in two broiler lines divergently selected for the ultimate pH of the pectoralis major muscle. *BMC Genetics* 17(1), 1-9.
- Amerah, A.M., Lentle, R.G., Ravindran, V. 2007a. Influence of feed form on gizzard morphology and particle size spectra of duodenal digesta in broiler chickens. *The Journal of Poultry Science*, 44(2), 175-181.
- Amerah, A.M., Plumstead, P.W., Barnard, L.P., Kumar, A. 2014. Effect of calcium level and phytase addition on ileal phytate degradation and amino acid digestibility of broilers fed corn-based diets. *Poultry Science* 93(4), 906-915.
- Amerah, A.M., Ravindran, V., Lentle, R.G., Thomas, D.G. 2007b. Feed particle size: Implications on the digestion and performance of poultry. *World's Poultry Science Journal* 63(3), 439-455.
- Angel, R. 2017. Rethinking calcium and phosphorus nutrition in poultry: the importance of calcium digestibility. *XXXIII Curso de Especialización FEDNA, Avances en Nutrición y Alimentación Animal*. 141-148.

- Anton, P., Avendaño, S., Bailey, R., Bilgili, S., Canela, L., Corzo, A., Fancher, B., French, N., Nicholson, D., Pearson, D., Rossi, L., Thomson, A., Thomson, S. 2019. Miopatías del músculo de la pechuga (BMM). https://es.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/Breast-Muscle-Myopathies-2019-ES.pdf. (Fecha de consulta: 17/07/2021).
- Aral, Y., Arikan, M.S., Akin, A.C., Kaya, Ç.Y., Güloglu, S.C., Sakarya, E. 2014. Economic losses due to live weight shrinkage and mortality during the broiler transport. *Veterinary Journal of Ankara University* 61, 205-210.
- Atapattu, N.S.B.M., Wickramasinghe, K.P. 2007. The use of refused tea as litter material for broiler chickens. *Poultry Science* 86(5), 968-972.
- Averos, X., Herranz, A., Sanchez, R., Comella, J.X., Gosálvez, L.F. 2007. Serum stress parameters in pigs transported to slaughter under commercial conditions in different seasons. *Veterinárni Medicina* 52(8), 333-342.
- Aviagen. 2018. Ross Broiler Management Handbook. https://en.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/Ross-BroilerHandbook2018-EN.pdf. (Fecha de consulta: 11/05/2020).
- Avila, V.S.D., Oliveira, U.D., Figueiredo, E.A.P.D., Costa, C.A.F., Abreu, V.M.N., Rosa, P.S. 2008. Alternative material to replace wood shavings as broiler litter. *Revista Brasileira de Zootecnia* 37, 273-277.
- Bailey, R. 2013. Salud intestinal en las aves: el mundo interior 1 y 2. El Sitio Avícola. <https://www.elsitioavicola.com/articles/2463/salud-intestinal-en-las-aves-el-mundo-interior-1/>. (Fecha de consulta: 25/08/2021).
- Bailey, R.A., Watson, K.A., Bilgili, S.F., Avendano, S. 2015. The genetic basis of pectoralis major myopathies in modern broiler chicken lines. *Poultry Science* 94(12), 2870-2879.
- Baldi, G., Soglia, F., Laghi, L., Tappi, S., Rocculi, P., Tavaniello, S., Prioriello, D., Mura, R., Maiorano, G., Petracci, M. 2019. Comparison of quality traits among breast meat affected by current muscle abnormalities. *Food Research International* 115, 369-376.
- Baldi, G., Soglia, F., Mazzoni, M., Sirri, F., Canonico, L., Babini, E., Laghi, L., Cavani, C., Petracci, M. 2018. Implications of white striping and spaghetti meat abnormalities on meat quality and histological features in broilers. *Animal* 12(1), 164-173.
- Baldi, G., Soglia, F., Petracci, M. 2020. Current status of poultry meat abnormalities. *Meat and Muscle Biology* 4(2), 1-7.
- Baldi, G., Soglia, F., Petracci, M. 2021. Spaghetti meat abnormality in broilers: current understanding and future research directions. *Frontiers in Physiology* 12, 684497.
- Baloch, Z., Yasmeen, N., Pasha, T.N., Ahmad, A., Taj, M.K., Khosa, A.N., Marghazani, I.B., Banguizai, N., Ahmad, I., Hua, Y.S. 2017. Effect of replacing inorganic with organic trace minerals on growth performance, carcass characteristics and chemical composition of broiler thigh meat. *African Journal of Agricultural Research* 12(18), 1570-1575.
- Bao, Y.M., Choct, M., Iji, P.A., Bruerton, K. 2007. Effect of organically complexed copper, iron, manganese, and zinc on broiler performance, mineral excretion, and accumulation in tissues. *Journal of Applied Poultry Research* 16(3), 448-455.

- Barbosa-Filho, J.A., Queiroz, M. L., Brasil, D.D.F., Vieira, F., Silva, I. J. 2014. Transport of broilers: load microclimate during Brazilian summer. *Engenharia Agrícola* 34, 405-412.
- Barragan, J.I. 2009. Material de cama en la crianza de pollos. https://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/material_de_cama (Fecha de consulta: 12/02/2022).
- Barragan, J.I. 2012. Presentación física en piensos de pollos de carne. https://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/_presentacion_fisica_en_pensos_de_pollos_-_barragan_cos,_j_.pdf (Fecha de consulta: 12/02/2022).
- Barragán, J.I. 2019. Efecto de la presentación física de los alimentos de los pollos de carne sobre la calidad de la canal. *Nutrínnews America Latina*. 2º trimestre 2019, 1-6.
- Barroeta, A.C., Izquierdo, D., Pérez, J.F. 2011. *Manual de Avicultura*. Departament de Ciència Animal i dels Aliments Unitat de Ciència Animal, Facultat de Veterinària, Universitat Autònoma de Barcelona.
- Bayliss, P.A., Hinton, M.H. 1990. Transportation of broilers with special reference to mortality rates. *Applied Animal Behaviour Science* 28(1-2), 93-118.
- Beg, M.A.H., Islam, K.B.M., Aftabuzzaman, M., Mahbub, A.S.M. 2016. Effects of Separate Sex Growing on Performance and Metabolic Disorders of Broilers. *International Journal of Animal Resources* 1(1):19-26.
- Bennett, C.D., Classen, H.L., Riddell, C. 2002. Feeding broiler chickens wheat and barley diets containing whole, ground and pelleted grain. *Poultry Science* 81(7), 995-1003.
- BenSassi, N., Averós, X., Estevez, I. 2019. The potential of the transect method for early detection of welfare problems in broiler chickens. *Poultry Science* 98(2), 522-532.
- Benyi, K., Tshilate, T.S., Netshipale, A.J., Mahlako, K.T. 2015. Effects of genotype and sex on the growth performance and carcass characteristics of broiler chickens. *Tropical Animal Health and Production* 47(7), 1225-1231.
- Bhanja, S.K., Mandal, A.B., Majumdar, S., Mehra, M., Goel, A. 2012. Effect of *in ovo* injection of vitamins on the chick weight and post-hatch growth performance in broiler chickens. *Indian Journal of Poultry Science* 47(3), 306-310.
- Bilgili, S.F. 2016. Emerging myopathies: white striping and wooden breast conditions and meat quality in broiler. *4th International Poultry Meat Congress*. Antalya, Turquía. 91-93.
- Bilgili, S.F., Eckman, M.K., Bushong, R.D. 1993. Broiler skin strength: influence of age, sex, and feathering rate. *Journal of Applied Poultry Research* 2(2), 135-141.
- Bilgili, S.F., Hess, J.B. 1995. Placement density influences broiler carcass grade and meat yields. *Journal of Applied Poultry Research* 4(4), 384-389.
- Bilgili, S.F., Hess, J.B. 2010. Problemas de piel en la canal de pollo: causas y soluciones. *Selecciones Avícolas* 52(1), 13-18.
- Bilgili, S.F., Hess, J.B., Blake, J.P., Macklin, K.S., Saenmahayak, B., Sibley, J.L. 2009. Influence of bedding material on footpad dermatitis in broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research* 18(3), 583-589.
- Bilgili, S.F., Hess, J.B., Donald, J., Fancher, B. 2010. Practical considerations for reducing the risk of pododermatitis. *Aviagen Brief*. <http://ru.aviagen.com/assets/Uploads/AviagenBriefPododermatitisSept2010.PDF>. (Fecha de consulta: 05/05/2020).

- Bjerrum, L., Pedersen, K., Engberg, R.M. 2005. The influence of whole wheat feeding on Salmonella infection and gut flora composition in broilers. *Avian Diseases* 49(1), 9-15.
- Block, M.C., Dekker, R.A. 2017. Table “Standardized ileal digestibility of amino acids in feedstuffs for poultry”. *Wageningen Livestock Research. Documentation Report 61*. 97 pp.
- Bodle, B.C., Alvarado, C., Shirley, R.B., Mercier, Y., Lee, J.T. 2018. Evaluation of different dietary alterations in their ability to mitigate the incidence and severity of woody breast and white striping in commercial male broilers. *Poultry Science* 97(9), 3298-3310.
- Boerboom, G., Van Kempen, T., Navarro-Villa, A., Pérez-Bonilla, A. 2018. Unravelling the cause of white striping in broilers using metabolomics. *Poultry Science* 97(11), 3977-3986.
- Bolton, W. 1960. The digestibility of mash and pellets by chicks. *The Journal of Agricultural Science* 55(1), 141-142.
- Borges, S.A., Fischer, A.V., Meira, A.D.A., Moura, T., Maiorka, A., Ostrensky, A. 2004. Electrolyte balance in broiler growing diets. *International Journal of Poultry Science* 3(10), 623-628.
- Brambell, F.W.R. 1965. *Report of the technical committee to enquire the welfare of animals kept under intensive livestock husbandry systems*. Great Britain Parliament. Command papers 2836. HM Stationery Office. London
- Brambila, G.S., Chatterjee, D., Bowker, B., Zhuang, H. 2017. Descriptive texture analyses of cooked patties made of chicken breast with the woody breast condition. *Poultry Science* 96(9), 3489-3494.
- Bray, H.J., Ankeny, R.A. 2017. Happy chickens lay tastier eggs: motivations for buying free-range eggs in Australia. *Anthrozoös* 30(2), 213-226.
- BREF. 2003. Reference document on best available techniques for intensive rearing of poultry and pigs. Integrated pollution prevention and control. European Commission. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC107189>. (Fecha de consulta: 15/03/2020).
- Brickett, K.E., Dahiya, J.P., Classen, H.L., Gomis, S. 2007. Influence of dietary nutrient density, feed form, and lighting on growth and meat yield of broiler chickens. *Poultry Science* 86(10), 2172-2181.
- Brothers, B., Zhuo, Z., Papah, M.B., Abasht, B. 2019. RNA-seq analysis reveals spatial and sex differences in pectoralis major muscle of broiler chickens contributing to difference in susceptibility to wooden breast disease. *Frontiers in Physiology* 10, 764.
- Burke, G.B., Pescatore, A.J., Cantor, A.H., Straw, M.L., Xiangbai, H., Johnson, T.H. 1993. Newspaper as litter material and its effects on the performance of broilers. *Journal of Applied Poultry Research* 2(2), 154-158.
- Burkholder, K.M., Thompson, K.L., Einstein, M.E., Applegate, T.J., Patterson, J.A. 2008. Influence of stressors on normal intestinal microbiota, intestinal morphology, and susceptibility to Salmonella enteritidis colonization in broilers. *Poultry Science* 87(9), 1734-1741.
- Burlingette, N.A., Strawford, M.L., Watts, J.M., Classen, H.L., Shand, P.J., Crowe, T.G. 2012. Broiler trailer thermal conditions during cold climate transport. *Canadian Journal of Animal Science* 92, 109-122.

- Buzdugan, S.N., Chang, Y.M., Huntington, B., Rushton, J., Guitian, J., Alarcon, P., Blake, D.P. 2020. Identification of production chain risk factors for slaughterhouse condemnation of broiler chickens. *Preventive Veterinary Medicine* 181, 105036.
- Cabrera, M.L., Kissel, D.E., Hassan, S., Rema, J.A., Cassity-Duffey, K. 2018. Litter type and number of flocks affect sex hormones in broiler litter. *Journal of Environmental Quality* 47(1), 156-161.
- Caffrey, N.P., Dohoo, I.R., Cockram, M.S. 2017. Factors affecting mortality risk during transportation of broiler chickens for slaughter in Atlantic Canada. *Preventive Veterinary Medicine* 147, 199-208.
- Campasino, A., York, T., Wyatt, C., Bedford, M.R., Dozier, W. A. 2014. Effect of increasing supplemental phytase concentration in diets fed to Hubbard× Cobb 500 male broilers from 1 to 42 days of age. *Journal of Applied Poultry Research* 23(4), 705-714.
- Carlyle, W.W.H., Guise, H.J., Cook, P. 1997. Effect of time between farm loading and processing on carcass quality of broiler chickens. *The Veterinary Record* 141(14), 364.
- Castañeda, C.D., Dittoe, D.K., Wamsley, K.G., McDaniel, C.D., Blanch, A., Sandvang, D., Kiess, A.S. 2020. In ovo inoculation of an Enterococcus faecium-based product to enhance broiler hatchability, live performance, and intestinal morphology. *Poultry science* 99(11), 6163-6172.
- Castañeda, M.P., Braña, D., Martínez, W. 2013. *Carne de Pollo Mexicana*. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Ciudad de México (México): Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN: 978-607-37-0090-0.
- Castelló, J.A, Cedó, R. 2002. *Producción de carne de pollo.*, 2ª ed. Barcelona (España): Real Escuela de Avicultura de Arenys de Mar ISBN 84-020978-4-1.
- Castelló, J.A. 2008. La cama para los broilers. *Selecciones Avícolas* 717, 7-11.
- Cemin, H.S., Vieira, S.L., Stefanello, C., Kindlein, L., Ferreira, T.Z., Fireman, A.K. 2018. Broiler responses to increasing selenium supplementation using Zn-L-selenomethionine with special attention to breast myopathies. *Poultry Science* 97(5), 1832-1840.
- Cengiz, Ö., Hess, J.B., Bilgili, S.F. 2011. Effect of bedding type and transient wetness on footpad dermatitis in broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research* 20(4), 554-560.
- Cepero, R. 2012. Aspectos de bienestar animal en pollos de carne. Facultad de veterinaria de Zaragoza.
- Cepero, R. 2014. Calidad y bienestar animal desde la granja: evaluación y posibilidades de mejora. https://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/calidad_y_bienestar_animal_desde_la_granja.pdf. 51 Simposio Científico de Avicultura. Valencia. (Fecha de consulta: 12/04/2022).
- Chauvin, C., Hillion, S., Balaine, L., Michel, V., Peraste, J., Petetin, I., Lupo., C., Le Bouquin, S. 2011. Factors associated with mortality of broilers during transport to slaughterhouse. *Animal* 5(2), 287-293.
- Chewning, C.G., Stark, C.R., Brake, J. 2012. Effects of particle size and feed form on broiler performance. *Journal of Applied Poultry Research* 21(4), 830-837.

- Choi, J.H., So, B.S., Ryu, K.S., Kang, S.L. 1986. Effects of pelleted or crumbled diets on the performance and the development of the digestive organs of broilers. *Poultry Science* 65(3), 594-597.
- Christensen, K., Owens, C., Kidd, M.T. 2015. The effect of added l-arginine on the severity of woody breast and white striping in male broilers. *Poultry Science Association 104th Annual Meeting*. Louisville, Kentucky. 147 pp.
- Cinar, M., Yildirim, E., Yigit, A.A., Yalcinkaya, I., Duru, O., Kisa, U., Atmaca, N. 2014. Effects of dietary supplementation with vitamin C and vitamin E and their combination on growth performance, some biochemical parameters, and oxidative stress induced by copper toxicity in broilers. *Biological Trace Element Research* 158(2), 186-196.
- Classen, H.L. 2017. Diet energy and feed intake in chickens. *Animal Feed Science and Technology* 233, 13-21.
- Climate Data. 2020. <https://es.climate-data.org/>. (Fecha de consulta: 11/02/2020).
- Cockram, M.S., Dulal, K.J. 2018. Injury and mortality in broilers during handling and transport to slaughter. *Canadian Journal of Animal Science* 98(3), 416-432.
- Collett, S.R. 2012. Nutrition and wet litter problems in poultry. *Animal Feed Science and Technology* 173(1-2), 65-75.
- Comisión Europea. 2016. *Special Eurobarometer 442. Report. Attitudes of Europeans towards Animal Welfare*. Bruselas (Bélgica): Unión Europea. ISBN: 978-92-79-56878-7. 86 pp.
- Comisión Europea. 2019. *Guía de Buenas Prácticas para el transporte de aves de corral*. Luxemburgo (Luxemburgo): Consorcio del Proyecto Guías de Transporte Animal. ISBN: 978-92-79-87148-1.
- Cornejo, S., Gadelha, A. C., Pokniak, J., Villouta, G. 2007. Qualitative feed restriction on productive performance and lipid metabolism in broiler chickens. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 59, 1554-1562.
- Corzo, A., Mejia, L., Loar, R.E. 2011. Effect of pellet quality on various broiler production parameters. *Journal of Applied Poultry Research* 20(1), 68-74.
- Costa, F., Prata, L.F., Pereira, G.T. 2007. Influência das condições de pré-abate na incidência de contusões em frango de corte. *Revista Veterinária e Zootecnia* 14(2), 234-245.
- Coufal, C.D., Chavez, C., Niemeyer, P.R., Carey, J.B. 2006. Measurement of broiler litter production rates and nutrient content using recycled litter. *Poultry Science* 85(3), 398-403.
- Cowieson, A.J., Aureli, R., Guggenbuhl, P., Fru-Nji, F. 2014. Possible involvement of myo-inositol in the physiological response of broilers to high doses of microbial phytase. *Animal Production Science* 55(6), 710-719.
- Cruz, R.F.A., Vieira, S.L., Kindlein, L., Kipper, M., Cemin, H.S., Rauber, S.M. 2017. Occurrence of white striping and wooden breast in broilers fed grower and finisher diets with increasing lysine levels. *Poultry Science* 96(2), 501-510.
- Cutlip, S.E., Hott, J.M., Buchanan, N.P., Rack, A.L., Latshaw, J.D., Moritz, J. S. 2008. The effect of steam-conditioning practices on pellet quality and growing broiler nutritional value. *Journal of Applied Poultry Research* 17(2), 249-261.

- Czarick, M., Fairchild, B.D. 2012. Relative humidity... the best measure of overall poultry house air quality. *Poultry Housing Tips* 24(2). <http://www.poultryventilation.com/tips/vol24/n2>. (Fecha de consulta: 22/06/2021)
- Dadgar, S., Lee, E.S., Leer, T.L.V., Burlinguette, N., Classen, H.L., Crowe, T.G., Shand, P.J. 2010. Effect of microclimate temperature during transportation of broiler chickens on quality of the pectoralis major muscle. *Poultry Science* 89(5), 1033-1041.
- Dadgar, S., Lee, E.S., Leer, T.L.V., Crowe, T.G., Classen, H.L., Shand, P.J. 2011. Effect of acute cold exposure, age, sex, and lairage on broiler breast meat quality. *Poultry Science* 90(2), 444-457.
- Dai-Prá, M.A., Corrêa, E.K., Roll, V., Xavier, G., Lopes, D.C.N., Lourenço, F.F., Zanusso, J.T., Roll, A.P. 2010. Quicklime reduces *Salmonella* and *Clostridium* spp. counts in used broiler litter. *European Poultry Conference* 13.
- De Baere, K., Zoons, J. 2004a. Strooiselmateriaal in pluimveestallen. *Pluimvee* 40, 1-5.
- De Baere, K., Zoons, J. 2004b. Strooisel bij vleeskuikens: hoeveelheid houtkrullen en stro. *Pluimvee* 39, 1-8.
- De Blas, C., Rebollar, P.G., Mateos, G.G., Agostini, P., Cegarra, E., Coma, J., Santomá, G. 2016. Revisión 3ª edición Tablas FEDNA: Granos de cereales. *XXXII Curso de Especialización FEDNA*. 25-72.
- De Jong, I.C., Gunnink, H., Van Harn, J. 2014. Wet litter not only induces footpad dermatitis but also reduces overall welfare, technical performance, and carcass yield in broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research* 23(1), 51-58.
- De Jong, I.C., Van Harn, J., Gunnink, H., Hindle, V.A., Lourens, A. 2011. Ernst en voorkomen van voetzoollaesies bij reguliere vleeskuikens in Nederland. *Wageningen UR Livestock Research, Rapport 513*, 41pp.
- Decoux, M., Díez, J.V. 2012. Estrategia “Reducir y Sustituir” de Mintrex®: aumento del valor de la canal en broilers. *Mundo ganadero* 249, 62-64.
- Decuypere, E., Bruggeman, V. 2007. The endocrine interface of environmental and egg factors affecting chick quality. *Poultry Science* 86(5), 1037-1042.
- Delezie, E. 2006. *Manual and mechanical catching and transport of broilers: Implications for welfare, physiology and product quality and ethical considerations*. Tesis Doctoral. Ku Leuven University. Bélgica. 231 pp.
- Delezie, E., Swennen, Q., Buyse, J., Decuypere, E. 2007. The effect of feed withdrawal and crating density in transit on metabolism and meat quality of broilers at slaughter weight. *Poultry Science* 86(7), 1414-1423.
- Directiva 2007/43/CE del Consejo, de 28 de junio de 2007, por la que se establecen las disposiciones mínimas para la protección de los pollos destinados a la producción de carne. DOUE 182, de 12 de julio de 2007, 19-28.
- Dos Santos, V.M., Dallago, B.S., Racanicci, A M., Santana, Â.P., Cue, R.I., Bernal, F.E. 2020. Effect of transportation distances, seasons and crate microclimate on broiler chicken production losses. *PLOS ONE* 15(4), e0232004.

- Dos Santos, V.M., Dallago, B.S.L., Racanicci, A.M.C., Santana, Â.P., Bernal, F.E. 2017. Effects of season and distance during transport on broiler chicken meat. *Poultry Science* 96(12), 4270-4279.
- Dozier, W.A., Behnke, K.C., Gehring, C.K., Branton, S.L. 2010. Effects of feed form on growth performance and processing yields of broiler chickens during a 42-day production period. *Journal of Applied Poultry Research* 19(3), 219-226.
- Dozier, W.A., Gehring, C.K. 2014. Growth performance of Hubbard×Cobb 500 and Ross×Ross 708 male broilers fed diets varying in apparent metabolizable energy from 14 to 28 days of age. *Journal of Applied Poultry Research* 23(3), 494-500.
- Droval, A.A., Benassi, V.T., Rossa, A., Prudencio, S.H., Paião, F.G., Shimokomaki, M. 2012. Consumer attitudes and preferences regarding pale, soft, and exudative broiler breast meat. *Journal of Applied Poultry Research* 21(3), 502-507.
- Duncan, I. 1989. The assessment of welfare during the handling and transport of broilers. *Proceedings of the 3rd European Symposium on Poultry Welfare*. Tours (Francia). 93-107.
- Duncan, I., Slee, G.S., Kettlewell, P., Berry, P., Carlisle, A.J. 1986. Comparison of the stressfulness of harvesting broiler chickens by machine and by hand. *British Poultry Science* 27(1), 109-114.
- Dunlop, M.W., Blackall, P.J., Stuetz, R.M. 2015. Water addition, evaporation and water holding capacity of poultry litter. *Science of the Total Environment* 538, 979-985.
- ECC. 2021. European Chicken Commitment. <https://welfarecommitments.com/europeletter/>. (Fecha de consulta: 22/05/2021).
- EFSA, ECDC. (2021). The European Union One Health 2019 Zoonoses Report. European Food Safety Authority y European Centre for Disease Prevention and Control. *EFSA Journal* 19(2):6406. 286 pp.
- EFSA. 2011. Scientific Opinion concerning the welfare of animals during transport. EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW) *EFSA Journal* 9(1): 1966. 125 pp.
- Ekstrand, C., Algers, B. 1997. Rearing conditions and foot-pad dermatitis in Swedish turkey poults. *Acta Veterinaria Scandinavica* 38(2), 167-174.
- Elfadil, A.A., Vaillancourt, J.P., Meek, A.H. 1996. Impact of stocking density, breed, and feathering on the prevalence of abdominal skin scratches in broiler chickens. *Avian Diseases* 40(3), 546-552.
- Elrom, K. 2000. Handling and transportation of chickens; welfare, stress, fear and meat quality. *Israel Journal of Veterinary Medicine* 55(1), 1-4.
- El-Senousey, H.K., Chen, B., Wang, J.Y., Atta, A.M., Mohamed, F.R., Nie, Q.H. 2018. Effects of dietary vitamin C, vitamin E, and alpha-lipoic acid supplementation on the antioxidant defense system and immune-related gene expression in broilers exposed to oxidative stress by dexamethasone. *Poultry Science* 97(1), 30-38.
- El-Wahab, A.A., Visscher, C.F., Beineke, A., Beyerbach, M., Kamphues, J. 2012. Experimental studies on the effects of different litter moisture contents and exposure time to wet litter on development and severity of foot pad dermatitis in young fattening turkeys. *Archiv für Geflügelkunde* 76(1), 55-62.

- Engberg, R.M., Hedemann, M.S., Jensen, B.B. 2002. The influence of grinding and pelleting of feed on the microbial composition and activity in the digestive tract of broiler chickens. *British Poultry Science* 43(4), 569-579.
- Engku, E.E., Marini, A.M., Noraziah, M. 2007. Evaluation on the effects of sex on growth and carcass characteristics of broilers, Kuala Lumpur, Malaysia. *Journal of Tropical Agriculture and Food Science* 35(2), 313-318.
- Enting, H., Boersma, W.J.A., Cornelissen, J.B.W.J., Van Winden, S.C.L., Verstegen, M.W.A., Van Der Aar, P.J. 2007. The effect of low-density broiler breeder diets on performance and immune status of their offspring. *Poultry Science* 86(2), 282-290.
- Estevez, I., Andersen, I.L., Nævdal, E. 2007. Group size, density and social dynamics in farm animals. *Applied Animal Behaviour Science* 103(3-4), 185-204.
- Estévez, M. 2015. Oxidative damage to poultry: from farm to fork. *Poultry science* 94(6), 1368-1378.
- Farhadi, D. 2014. Evaluation of the physical and chemical properties of some agricultural wastes as poultry litter material. *Global Journal of Animal Scientific Research* 2(3), 270-276.
- FAWC. 2020. Farm Animal Welfare Committee. <https://www.gov.uk/government/groups/farm-animal-welfare-committee-fawc> (Fecha de consulta: 05/11/2020).
- FEDNA, 2019. *Tablas de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos (4ª edición)*. C. de Blas, P. García-Rebollar, M. Gorrachategui y G.G. Mateos. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid. 604 pp. ISBN: 978-8409156887
- FEDNA. 2018. *Necesidades nutricionales para avicultura*. Santomá, G., Mateos, G.G. (editores). 2ª ed. Madrid (España): IMPROTALIA S.L. ISBN:978.84.09.06529.5
- Fernández, A. 2014. Los microminerales en la nutrición animal. Agrinews. <https://agrinews.es/2014/02/18/los-minerales-traza-en-la-nutricion-animal/>. (Fecha de consulta: 06/11/2019).
- Ferreira, H.A., Oliveira, M.C., Traldi, A.B. 2004. Efeito de condicionadores químicos na cama de frango sobre o desempenho de frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 56(4), 542-546.
- Ferreira, T.Z., Casagrande, R.A., Vieira, S.L., Driemeier, D., Kindlein, L. 2014. An investigation of a reported case of white striping in broilers. *Journal of Applied Poultry Research* 23(4), 748-753.
- Francesch, M., Brufau, J. 2004. Nutritional factors affecting excreta/litter moisture and quality. *World's Poultry Science Journal* 60(1), 64-75.
- Fraser, A.F. 1985. Deprivation of maintenance behaviour in modern farm animal husbandry. *Ethology of Farm Animals. A Comprehensive Study of the Behavioural Features of the Common Farm Animals*, 377-389.
- Freeman, B.M. 1984. Transportation of poultry. *World's Poultry Science Journal* 40(1), 19-30.
- Gabriel, I., Mallet, S., Leconte, M. 2003. Differences in the digestive tract characteristics of broiler chickens fed on complete pelleted diet or on whole wheat added to pelleted protein concentrate. *British Poultry Science* 44(2), 283-290.

- Gabriel, I., Mallet, S., Leconte, M., Travel, A., Lalles, J.P. 2008. Effects of whole wheat feeding on the development of the digestive tract of broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 142(1-2), 144-162.
- Garcês, A.P.J.T., Afonso, S.M.S., Chilundo, A., Jairoce, C.T.S. 2013. Evaluation of different litter materials for broiler production in a hot and humid environment: 1. Litter characteristics and quality. *Journal of Applied Poultry Research* 22(2), 168-176.
- Garcia, R.G., Almeida, I.C.L., Caldara, F.R., Nääs, I.A., Bueno, L.G.F., Freitas, L.W., Graciano, J.D., Sim, S. 2012. Litter materials and the incidence of carcass lesions in broilers chickens. *Brazilian Journal of Poultry Science* 14(1), 27-32.
- Goel, A., Bhanja, S.K., Pande, V., Mehra, M., Mandal, A. 2013. Effects of in ovo administration of vitamins on post hatch-growth, immunocompetence and blood biochemical profiles of broiler chickens. *The Indian Journal of Animal Sciences* 83(9), 916-921.
- Goodhope, R.G. 1991. First week broiler mortality - Influence on production. Second Western Meeting of Poultry Clinicians and Pathologists. http://www.westvet.com/1st_week_mortality.htm (Fecha de consulta: 07/10/2019).
- Gouveia, K.G., Vaz-Pires, P., da Costa, P.M. 2009. Welfare assessment of broilers through examination of haematomas, foot-pad dermatitis, scratches and breast blisters at processing. *Animal Welfare* 18(1), 43-48.
- Gratta, F., Birolo, M., Piccirillo, A., Petracci, M., Maertens, L., Xiccato, G., Trocino, A. 2017. Effects of the feeding system on performance and myopathy occurrence in two broiler chicken genotypes. *Italian Journal of Animal Science* 16, 48.
- Gratta, F., Fasolato, L., Birolo, M., Zomeño, C., Novelli, E., Petracci, M., Pascual, A., Xiccato, G., Trocino, A. 2019. Effect of breast myopathies on quality and microbial shelf life of broiler meat. *Poultry Science* 98(6), 2641-2651.
- Greene, E., Flees, J., Dadgar, S., Mallmann, B., Orlowski, S., Dhamad, A., Rochell, S., Kidd, M., Laurendon, C., Whitfield, H., Brearley, C., Rajaram; N. Dridi, S. 2019. Quantum blue reduces the severity of woody breast myopathy via modulation of oxygen homeostasis-related genes in broiler chickens. *Frontiers in Physiology* 10, 1251.
- Greene, J.A., McCracken, R.M., Evans, R.T. 1985. A contact dermatitis of broilers-clinical and pathological findings. *Avian Pathology* 14(1), 23-38.
- Griffin, J.R., Moraes, L., Wick, M., Lilburn, M.S. 2018. Onset of white striping and progression into wooden breast as defined by myopathic changes underlying Pectoralis major growth. Estimation of growth parameters as predictors for stage of myopathy progression. *Avian Pathology* 47(1), 2-13.
- Griffiths, G.L., Nairn, M.E. 1984. Carcass downgrading of broiler chickens. *British Poultry Science* 25(3), 441-446.
- Grilli, C., Stocchi, R., Loschi, A.R. 2018. Survey on broiler pre-slaughter mortality in a commercial abattoir of central Italy. *Italian Journal of Food Safety* 7(3), 5878.
- Grimes, J.L., Carter, T.A., Godwin, J.L. 2006. Use of a litter material made from cotton waste, gypsum, and old newsprint for rearing broiler chickens. *Poultry Science* 85(3), 563-568.
- Grimes, J.L., Smithi, J., Williams, C.M. 2002. Some alternative litter materials used for growing broilers and turkeys. *World's Poultry Science Journal* 58(4), 515-526.

- Guetchom, B., Venne, D., Chenier, S., Chorfi, Y. 2012. Effect of extra dietary vitamin E on preventing nutritional myopathy in broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research* 21(3), 548-555.
- Hafeez, A., Suhail, S.M., Durrani, F.R., Jan, D., Ahmad, I., Chand, N., Rehman, A. 2009. Effect of different types of locally available litter materials on the performance of broiler chicks. *Sarhad Journal of Agriculture* 25(4), 178-182.
- Halevy, O., Geyra, A., Barak, M., Uni, Z., Sklan, D. 2000. Early posthatch starvation decreases satellite cell proliferation and skeletal muscle growth in chicks. *The Journal of Nutrition* 130(4), 858-864.
- Hamdy, M.C., May, K.N., Powers, J.J. 1961. Some physical and physiological factors affecting poultry bruises. *Poultry Science* 40(3), 790-795.
- Hammond, J. 1950. Measuring growth in farm animals. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B - Biological Sciences* 137(889), 452-461.
- Haslam, S.M., Knowles, T. G., Brown, S.N., Wilkins, L.J., Kestin, S. C., Warriss, P.D., Nicol, C.J. 2008. Prevalence and factors associated with it, of birds dead on arrival at the slaughterhouse and other rejection conditions in broiler chickens. *British Poultry Science* 49(6), 685-696.
- Havenstein, G.B., Ferket, P.R., Qureshi, M.A. 2003. Growth, livability, and feed conversion of 1957 versus 2001 broilers when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. *Poultry Science* 82(10), 1500-1508.
- Hildebrand, P. 2005. *Identificação das causas que geram a condenação de carcaças de frangos de corte no abatedouro e análise econômica decorrentes do processo*. Uberaba (Brasil): Faculdades Associadas de Uberaba. 82 pp.
- Huang, D.S., Li, D.F., Xing, J.J., Ma, Y.X., Li, Z.J., Lv, S.Q. 2006. Effects of feed particle size and feed form on survival of *Salmonella typhimurium* in the alimentary tract and cecal *S. typhimurium* reduction in growing broilers. *Poultry Science* 85(5), 831-836.
- Huang, X., Ahn, D.U. 2018. The incidence of muscle abnormalities in broiler breast meat—a review. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources* 38(5), 835-850.
- Hughes, R., Heberle, N., Barekatin, R., Edwards, N., Hynd, P. 2017. Flock uniformity - is it important and how is it assessed? *Proceedings of the 28th Australian Poultry Science Symposium*, 93-95.
- Hui, K.P.C., Crowe, T.G., Classen, H.L., Barber, E.M., Knezacek, T. D., Bantle, M.R.L. 2003. Poultry transportation under Canadian prairie conditions. *Proceedings of Annual meeting of the Canadian Society of Animal Science*.
- Hunter, R.R., Mitchell, M.A., Carlisle, A.J. 1999. Wetting of broilers during cold weather transport: a major source of physiological stress? *British Poultry Science* 40(sup001), 48-49.
- Hussnain, F., Mahmud, A., Mehmood, S., Jaspal, M.H. 2020. Effect of broiler crating density and transportation distance on preslaughter losses and physiological response during the winter season in Punjab, Pakistan. *Brazilian Journal of Poultry Science* 22(2), 1-10.

- Iqbal, M., Pumford, N.R., Tang, Z.X., Lassiter, K., Wing, T., Cooper, M., Bottje, W. 2004. Low feed efficient broilers within a single genetic line exhibit higher oxidative stress and protein expression in breast muscle with lower mitochondrial complex activity. *Poultry Science* 83(3), 474-484.
- Jacobs, L., Delezie, E., Duchateau, L., Goethals, K., Tuytens, F.A. 2017a. Impact of the separate pre-slaughter stages on broiler chicken welfare. *Poultry Science* 96(2), 266-273.
- Jacobs, L., Delezie, E., Duchateau, L., Goethals, K., Tuytens, F.A. 2017b. Broiler chickens dead on arrival: associated risk factors and welfare indicators. *Poultry science* 96(2), 259-265.
- Jahan, M.S., Asaduzzaman, M., Sarkar, A.K. 2006. Performance of broiler fed on mash, pellet and crumble. *International Journal of Poultry Science* 5(3), 265-270.
- Jankowski, J., Zduńczyk, Z., Juśkiewicz, J., Kwieciński, P. 2011. The effect of different dietary sodium levels on the growth performance of broiler chickens, gastrointestinal function, excreta moisture and tibia mineralization. *Journal of Animal and Feed Sciences* 20(1), 93-106.
- Janssen, W.M., Carre, B. 1985. *Influence of fiber on digestibility of broiler feeds. Recent Advances in Animal Nutrition*. Cole, D.J.A., Haresign, W. (editores). Londres (Reino Unido): Butterworths. 183 pp.
- Jena, B.P., Panda, N., Patra, R.C., Mishra, P.K., Behura, N.C., Panigrahi, B. 2013. Supplementation of vitamin E and C reduces oxidative stress in broiler breeder hens during summer. *Food and Nutrition Sciences* 4(8), 33-37.
- Jiménez-Moreno, E., de Coca-Sinova, A., González-Alvarado, J.M., Mateos, G.G. 2016. Inclusion of insoluble fiber sources in mash or pellet diets for young broilers. 1. Effects on growth performance and water intake. *Poultry Science* 95(1), 41-52.
- Jiménez-Moreno, E., González-Alvarado, J.M., de Coca-Sinova, A., Lázaro, R., Mateos, G. G. 2009. Effects of source of fibre on the development and pH of the gastrointestinal tract of broilers. *Animal Feed Science and Technology* 154(1-2), 93-101.
- Johnson, J., Reid, W.M. 1970. Anticoccidial drugs: lesion scoring techniques in battery and floor-pen experiments with chickens. *Experimental Parasitology* 28(1), 30-36.
- Kadam, M.M., Bhanja, S.K., Mandal, A.B., Tyagi, P.K., Patil, A.R. 2009. Influence of in ovo threonine injection site on early post-hatch growth and digestive organ development of broiler chicken. *Indian Journal of Poultry Science* 44(2), 203-205.
- Kalmendal, R., Elwinger, K., Holm, L., Tauson, R. 2011. High-fibre sunflower cake affects small intestinal digestion and health in broiler chickens. *British Poultry Science* 52(1), 86-96.
- Kataria, N., Kataria, A.K., Gahlot, A.K. 2008. Ambient temperature associated variations in serum hormones and interrelated analytes of broiler chickens in arid tract. *Slovenian Veterinary Research* 45(4), 127-134.
- Khatun, A., Chowdhury, S.D., Roy, B.C., Dey, B., Haque, A., Chandran, B. 2019. Comparative effects of inorganic and three forms of organic trace minerals on growth performance, carcass traits, immunity, and profitability of broilers. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research* 6(1), 66-73.

- Kheravii, S.K., Swick, R.A., Choct, M., Wu, S.B. 2017. Potential of pelleted wheat straw as an alternative bedding material for broilers. *Poultry Science* 96(6), 1641-1647.
- Kittelsen, K.E., Granquist, E.G., Kolbjørnsen, Ø., Nafstad, O., Moe, R.O. 2015. A comparison of post-mortem findings in broilers dead-on-farm and broilers dead-on-arrival at the abattoir. *Poultry Science* 94(11), 2622-2629.
- Kittelsen, K.E., Moe, R.O., Hoel, K., Kolbjørnsen, Ø., Nafstad, O., Granquist, E.G. 2017. Comparison of flock characteristics, journey duration and pathology between flocks with a normal and a high percentage of broilers “dead-on-arrival” at abattoirs. *Animal* 11(12):2301-2308.
- Kjaer, J.B., Su, G., Nielsen, B.L., Sørensen, P. 2006. Foot pad dermatitis and hock burn in broiler chickens and degree of inheritance. *Poultry Science* 85(8), 1342-1348.
- Klasing, K.C., Naziripour, A. 2010. Effect of dietary copper source and level on GI copper levels and ileal *E. coli* survival in broiler chicks. *Journal of Dairy Science* 89, 498-498.
- Klein, C.H., Penz, A.M., Guidoni, A.L., de Brum, P.A.R. 1999. *Efeito da forma física e do nível de energia da ração sobre o desempenho e a composição de carcaça de frango de corte. Comunicado técnico 243*. Concórdia (Brasil): Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Ministerio da Agricultura e do Abastecimento. ISSN 0100-8862.
- Knezacek, T.D., Olkowski, A.A., Kettlewell, P.J., Mitchell, M.A., Classen, H.L. 2010. Temperature gradients in trailers and changes in broiler rectal and core body temperature during winter transportation in Saskatchewan. *Canadian Journal of Animal Science* 90(3), 321-330.
- Knierim, U., Gocke, A. 2003. Effects of catching broilers by hand or machine on rates of injuries and dead on arrivals. *Animal Welfare* 12, 63-73.
- Kuttappan, V. A., Hargis, B. M., Owens, C. M. 2016. White striping and woody breast myopathies in the modern poultry industry: a review. *Poultry Science* 95(11), 2724-2733.
- Kuttappan, V.A., Brewer, V. B., Mauromoustakos, A., McKee, S.R., Emmert, J.L., Meullenet, J.F., Owens, C.M. 2013b. Estimation of factors associated with the occurrence of white striping in broiler breast fillets. *Poultry science* 92(3), 811-819.
- Kuttappan, V.A., Brewer, V.B., Apple, J.K., Waldroup, P.W., Owens, C.M. 2012b. Influence of growth rate on the occurrence of white striping in broiler breast fillets. *Poultry Science* 91(10), 2677-2685.
- Kuttappan, V.A., Goodgame, S.D., Bradley, C.D., Mauromoustakos, A., Hargis, B.M., Waldroup, P.W., Owens, C.M. 2012c. Effect of different levels of dietary vitamin E (DL- α -tocopherol acetate) on the occurrence of various degrees of white striping on broiler breast fillets. *Poultry Science* 91(12), 3230-3235.
- Kuttappan, V.A., Lee, Y.S., Erf, G.F., Meullenet, J.F., McKee, S.R., Owens, C.M. 2012a. Consumer acceptance of visual appearance of broiler breast meat with varying degrees of white striping. *Poultry Science* 91(5), 1240-1247.
- Kuttappan, V.A., Shivaprasad, H.L., Shaw, D.P., Valentine, B.A., Hargis, B.M., Clark, F.D., McKee, S.R., Owens, C.M. 2013a. Pathological changes associated with white striping in broiler breast muscles. *Poultry Science* 92(2), 331-338.

- Kwak, W.S., Huh, J.W., McCaskey, T.A. 2005. Effect of processing time on enteric bacteria survival and on temperature and chemical composition of broiler poultry litter processed by two methods. *Bioresource Technology* 96(14), 1529-1536.
- Kyvsgaard, N.C., Jensen, H.B., Ambrosen, T., Toft, N. 2013. Temporal changes and risk factors for foot-pad dermatitis in Danish broilers. *Poultry Science* 92(1), 26-32.
- Leczniński, J.L., Ribeiro, A.M.L., de Mello Kessler, A., Penz, A.M. 2001. Influence of physical form and energy level of the diet on performance and carcass composition of broilers. *Latin American Archives of Animal Production* 9(1), 6-11.
- Leeson, S. 2012. Future considerations in poultry nutrition. *Poultry Science* 91(6), 1281-1285.
- Leeson, S. 2017. Recomendaciones nutricionales en piensos pre-starter de pollitos. *Selecciones Avícolas* 710, 24-29.
- Leeson, S., Summers, J.D. 2001. *Scott's Nutrition of the Chicken*. 4ª edición. Ontario (Canadá): University Books. ISBN 978-0969560043.
- Leitner, G., Heller, E.D., Friedman, A. 1989. Sex-related differences in immune response and survival rate of broiler chickens. *Veterinary Immunology and Immunopathology* 21(3-4), 249-260.
- Ley 8/2003, de 24 de abril, de sanidad animal. Boletín Oficial del Estado, 25 de abril de 2003, 99, pp. 16006-16031.
- Lien, R.J., Conner, D.E., Bilgili, S.F. 1992. The use of recycled paper chips as litter material for rearing broiler chickens. *Poultry Science* 71(1), 81-87.
- Lilly, K.G.S., Gehring, C.K., Beaman, K.R., Turk, P.J., Sperow, M., Moritz, J.S. 2011. Examining the relationships between pellet quality, broiler performance, and bird sex. *Journal of Applied Poultry Research* 20(2), 231-239.
- Lohmann. 2020. Management Guide Hatchery. <https://lohmann-breeders.com/e-guide/hatchery-guide/62/>. (Fecha de consulta: 22/10/2020).
- Lopes, M., Roll, V.F.B., Leite, F.L., Dai Prá, M.A., Xavier, E.G., Heres, T., Valente, B.S. 2013. Quicklime treatment and stirring of different poultry litter substrates for reducing pathogenic bacteria counts. *Poultry Science* 92(3), 638-644.
- López-Asensio, M.J. 2009. Estudio de la tasa de ventilación, emisión de gases y composición de la yacija en granjas comerciales de pollos de carne del sureste español. *Tesina de Licenciatura*. Facultad de Veterinaria, Universidad de Murcia.
- López-Aznar, J.L. 2009. Causas más frecuentes de decomiso en mataderos de aves en Galicia. *Selecciones Avícolas* 51(3), 7-16.
- López-Aznar, J.L. 2020. Aplicación de la nueva normativa relativa a los mataderos avícolas, parte I. <https://avicultura.com/aplicacion-de-la-nueva-normativa-relativa-a-los-mataderos-avicolas-i/> (Fecha de consulta: 21/01/2022).
- Lorenzi, M., Mudalal, S., Cavani, C., Petracci, M. 2014. Incidence of white striping under commercial conditions in medium and heavy broiler chickens in Italy. *Journal of Applied Poultry Research* 23(4), 754-758.

- Lu, L., Wang, R.L., Zhang, Z.J., Steward, F.A., Luo, X., Liu, B. 2010. Effect of dietary supplementation with copper sulfate or tribasic copper chloride on the growth performance, liver copper concentrations of broilers fed in floor pens, and stabilities of vitamin E and phytase in feeds. *Biological Trace Element Research* 138, 181-189.
- Ludtke C.B., Ciocca J.R.P., Dandin T., Barbalho P.C. Vilela J.A. 2010. *Aba-te humanitário de aves. Steps, melhorando o bem-estar animal no abate*. Rio de Janeiro (Brasil): Sociedade Mundial De Proteção Animal (WSPA). ISBN: 978-85-63814-02-9.
- Luo, X. G., Ji, F., Lin, Y.X., Steward, F.A., Lu, L., Liu, B., Yu, S.X. 2005. Effects of dietary supplementation with copper sulfate or tribasic copper chloride on broiler performance, relative copper bioavailability, and oxidation stability of vitamin E in feed. *Poultry Science* 84(6), 888-893.
- Lupo, C., Le Bouquin, S., Balaine, L., Michel, V., Peraste, J., Petetin, I., Colin, P. Chauvin, C. 2009. Feasibility of screening broiler chicken flocks for risk markers as an aid for meat inspection. *Epidemiology & Infection* 137(8), 1086-1098.
- Macari, M., Furlan, R.L., Gonzales, E. 2002. *Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte*. Jaboticabal (Brasil): Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensino e Extensão y Universidade Estadual Paulista. 2ª edición. 375 pp.
- MacRae, V.E., Mahon, M., Gilpin, S., Sandercock, D.A., Mitchell, M.A. 2006. Skeletal muscle fibre growth and growth associated myopathy in the domestic chicken (*Gallus domesticus*). *British Poultry Science* 47(3), 264-272.
- Maiorka, A., Magro, N., Bartels, H. A., Penz Jr, A. M. 1998. Effect of sodium level and different relations between sodium, potassium and chloride in pre-initial diets on broiler chicken performance. *Anais da XXXV Reunião Annual da Sociedade Brasileira de Zootecnia (SBZ)*, 478-480.
- Maiorka, A., Santin, E., Silva, A. V. F. D., Routman, K.S., Pizauro Jr, J.M., Macari, M. 2004. Effect of broiler breeder age on pancreas enzymes activity and digestive tract weight of embryos and chicks. *Brazilian Journal of Poultry Science* 6(1), 19-22.
- Manteca, L 2017. Influencia de la presentación del pienso. Parte 1. *Avinews* 28, 103-112.
- Manteca, L. 2018. Influencia de la presentación del pienso. Resultados técnicos y calidad de la canal. Parte 2. *Avinews* 29, 111-117.
- MAPA. 2023. Programa Nacional de control de determinados serotipos de Salmonella en pollos de carne de la especie *Gallus gallus* 2023. https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/sanidad-animal-higiene-ganadera/pncspollosdeengorde2023_tcm30-441940.pdf. (Fecha de consulta: 12/04/2023).
- MAPA. 2015. Procedimiento para la detección post-mortem de insuficiente bienestar animal en explotaciones de pollos de engorde y actuaciones de la autoridad competente. https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/20180221procedimiento_deteccion_post_mortembienestar_pollos_engorde_tcm30-443132.pdf. (Fecha de consulta: 21/04/2019).
- MAPA. 2020. OTE - Avicultura. Ficha Sectorial. Dirección general de producciones y mercados agrarios. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/14informesectorial_ote_avicultura_tcm30-540411.pdf. (Fecha de consulta: 21/03/2021).

- MAPA. 2021a. El sector de la avicultura de carne en cifras. Principales indicadores económicos 2020. https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/estadisticas/informecompletoparasubirindicadores_tcm30-623991.pdf. (Fecha de consulta: 20/11/2022).
- MAPA. 2021b. Fichas de sustrato de cultivos. https://www.mapa.gob.es/app/sustratos-cultivo/consulta_ficha.asp?sustrato=85. (Fecha de consulta: 21/12/2021).
- Martland, M.F. 1985. Ulcerative dermatitis dm broiler chickens: the effects of wet litter. *Avian Pathology* 14(3), 353-364.
- Massuquetto, A., Durau, J.F., Schramm, V.G., Netto, M.T., Krabbe, E.L., Maiorka, A. 2018. Influence of feed form and conditioning time on pellet quality, performance and ileal nutrient digestibility in broilers. *Journal of Applied Poultry Research* 27(1), 51-58.
- Massuquetto, A., Panisson, J. C., Marx, F.O., Surek, D., Krabbe, E.L., Maiorka, A. 2019. Effect of pelleting and different feeding programs on growth performance, carcass yield, and nutrient digestibility in broiler chickens. *Poultry Science* 98(11), 5497-5503.
- Mateos, G.G., Guzman, P., Saldana, B., Bonilla, A.P., Lázaro, R., Jimenez-Moreno, E. 2013. Relevance of dietary fiber in poultry feeding. *19th European Symposium of Poultry Nutrition*. Potsdam, Alemania. 1-11.
- Mateos, G.G., Jiménez-Moreno, E., Serrano, M.P., Lázaro, R.P. 2012. Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. *Journal of Applied Poultry Research* 21(1), 156-174.
- Mateos, G.G., Pérez-Serrano, M., Hermida, M., Romero, C., Patón, F. 2006. Reevaluación del contenido en minerales de las materias primas. *XXII Curso de especialización FEDNA. Madrid, España*, 217-241.
- Mateos, G.G., Piquer, J., García, M., Medel, P. 1995. Utilización de grasas y subproductos lipídicos en dietas para avicultura. *Selecciones Avícolas* 37(10), 0623-631.
- Mateos, G.G., Valencia, D.G., Piqueras, B.V. 2005. Influencia del procesado de ingredientes y piensos terminados sobre la productividad en monogástricos. *XXI Curso de especialización FEDNA. Madrid, España*, 277-324.
- Mayes, F.J. 1980. The incidence of bruising in broiler flocks. *British Poultry Science* 21(6), 505-509.
- Mayne, R.K. 2005. A review of the aetiology and possible causative factors of foot pad dermatitis in growing turkeys and broilers. *World's Poultry Science Journal* 61(2), 256-267.
- Mayne, R.K., Else, R.W., Hocking, P.M. 2007. High litter moisture alone is sufficient to cause footpad dermatitis in growing turkeys. *British Poultry Science* 48(5), 538-545.
- Mayne, S.T. 2003. Antioxidant nutrients and chronic disease: use of biomarkers of exposure and oxidative stress status in epidemiologic research. *The Journal of Nutrition*, 133(3), 933S-940S.
- McKinney, L.J., Teeter, R.G. 2004. Predicting effective caloric value of nonnutritive factors: I. Pellet quality and II. Prediction of consequential formulation dead zones. *Poultry Science* 83(7), 1165-1174.

- Meloche, K.J., Fancher, B.I., Emmerson, D.A., Bilgili, S.F., Dozier III, W.A. 2018a. Effects of reduced dietary energy and amino acid density on Pectoralis major myopathies in broiler chickens at 36 and 49 days of age. *Poultry Science* 97(5), 1794-1807.
- Meloche, K.J., Fancher, B.I., Emmerson, D.A., Bilgili, S.F., Dozier III, W.A. 2018b. Effects of reduced digestible lysine density on myopathies of the Pectoralis major muscles in broiler chickens at 48 and 62 days of age. *Poultry Science* 97(9), 3311-3324.
- Miles, R.D., O'Keefe, S.F., Henry, P.R., Ammerman, C.B., Luo, X.G. 1998. The effect of dietary supplementation with copper sulfate or tribasic copper chloride on broiler performance, relative copper bioavailability, and dietary prooxidant activity. *Poultry Science* 77(3), 416-425.
- Mingbin, L.V., Yan, L., Wang, Z., An, S., Wu, M., Lv, Z. 2015. Effects of feed form and feed particle size on growth performance, carcass characteristics and digestive tract development of broilers. *Animal Nutrition* 1(3), 252-256.
- Miranda-de la Lama, G.C., Bermejo-Poza, R., Formoso-Rafferty, N., Mitchell, M., Barreiro, P., Villarroel, M. 2021. Long-distance transport of finisher pigs in the Iberian Peninsula: Effects of season on thermal and enthalpy conditions, welfare indicators and meat pH. *Animals* 11(8), 2410.
- Mitchell, M.A., Kettlewell, P.J. 1998. Physiological stress and welfare of broiler chickens in transit: solutions not problems! *Poultry Science* 77(12), 1803-1814.
- Monira, K.N., Islam, M.A., Alam, M.J., Wahid, M.A. 2003. Effect of litter materials on broiler performance and evaluation of manure value of used litter in late autumn. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 16(4), 555-557.
- Montagna, F.S., Garcia, G., Nääs, I.D.A., Lima, N.D.D.S., Caldara, F. R. 2019. Practical assessment of spaghetti breast in diverse genetic strain broilers reared under different environments. *Brazilian Journal of Poultry Science* 21(2), 1-6.
- Moore Jr, P.A., Daniel, T.C., Edwards, D.R., Miller, D.M. 1996. Evaluation of chemical amendments to reduce ammonia volatilization from poultry litter. *Poultry Science* 75(3), 315-320.
- Mormède, P., Andanson, S., Aupérin, B., Beerda, B., Guémené, D., Malmkvist, J., Manteca, X., Manteuffel, G., Prunet, P., Van Reenen, C.G., Richard, S., Veissier, I. 2007. Exploration of the hypothalamic-pituitary-adrenal function as a tool to evaluate animal welfare. *Physiology & Behavior* 92(3), 317-339.
- Munir, M.T., Belloncle, C., Irle, M., Federighi, M. 2019. Wood-based litter in poultry production: a review. *World's Poultry Science Journal* 75(1), 5-16.
- Musa, W.I., Saidu, L., Kaltungo, B.Y., Abubakar, U.B., Wakawa, A.M. 2012. Poultry litter selection, management and utilization in Nigeria. *Asian Journal of Poultry Science* 6(2), 44-55.
- Mushtaq, M.M.H., Pasha, T.N., Mushtaq, T., Parvin, R. 2013. Electrolytes, dietary electrolyte balance and salts in broilers: an updated review on growth performance, water intake and litter quality. *World's Poultry Science Journal* 69(4), 789-802.
- Mutryn, M.F., Brannick, E.M., Fu, W., Lee, W.R., Abasht, B. 2015. Characterization of a novel chicken muscle disorder through differential gene expression and pathway analysis using RNA-sequencing. *BMC Genomics* 16(1), 1-19.

- Nagaraj, M., Wilson, C.A.P., Hess, J.B., Bilgili, S.F. 2007. Effect of high-protein and all-vegetable diets on the incidence and severity of pododermatitis in broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research* 16(3), 304-312.
- NANTA. 2020. Nanta broilers pocket. Control Ambiental. <https://www.nanta.es/es-es/profesional/avicultura-de-carne/nanta-broiler-model/>. (Fecha de consulta: 11/02/2020).
- Nazareno, A.C., Da Silva, I.J., Vieira, F., Camargo, J.R.D., De Medeiros, S.R. 2013. Caracterização do microclima dos diferentes layouts de caixas no transporte de ovos férteis. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 17(3), 327-332.
- Nguyen, H.T.T., Morgan, N., Roberts, J.R., Wu, S.B., Swick, R.A., Toghyani, M. 2021. Zinc hydroxychloride supplementation improves tibia bone development and intestinal health of broiler chickens. *Poultry Science* 100(8), 101254.
- Nijdam, E., Arens, P., Lambooi, E., Decuypere, E., Stegeman, J.A. 2004. Factors influencing bruises and mortality of broilers during catching, transport, and lairage. *Poultry Science* 83(9), 1610-1615.
- Nijdam, E., Delezie, E., Lambooi, E., Nabuurs, M.J., Decuypere, E., Stegeman, J.A. 2005. Comparison of bruises and mortality, stress parameters, and meat quality in manually and mechanically caught broilers. *Poultry Science* 84(3), 467-474.
- Nilipour, A.H., Melo, G., City, P. 2002. Poultry in transit are a cause for concern. *World Poultry* 18(2), 30-33.
- Nir, I., Hillel, R., Ptichi, I., Shefet, G. 1995. Effect of particle size on performance. 3. Grinding pelleting interactions. *Poultry Science* 74(5), 771-783.
- Nollet, L., Huyghebaert, G., Spring, P. 2008. Effect of different levels of dietary organic (*Bioplex*) trace minerals on live performance of broiler chickens by growth phases. *Journal of Applied Poultry Research* 17(1), 109-115.
- Northcutt, J.K., Buhr, R.J., Rowland, G.N. 2000. Relationship of broiler bruise age to appearance and tissue histological characteristics. *Journal of Applied Poultry Research* 9(1), 13-20.
- Novoa, M., Francisco, I., Lage, A., Bedenito, J.L., García, L., Vázquez, L., Cobas, N. 2022. Relationship among sex, skin color, and production parameters of broiler in pectoral myopathies. *Animals* 12, 1617.
- Nowaczewski, S., Rosiński, A., Markiewicz, M., Kontecka, H. 2011. Performance, foot-pad dermatitis and haemoglobin saturation in broiler chickens kept on different types of litter. *Archiv für Geflügelkunde* 75(2), 132-139.
- Noy, Y., Geyra, A., Sklan, D. 2001. The effect of early feeding on growth and small intestinal development in the posthatch poult. *Poultry Science* 80(7), 912-919.
- Noy, Y., Sklan, D. 1999. Energy utilization in newly hatched chicks. *Poultry Science* 78(12), 1750-1756.
- NRC. 1994. *Nutrient requirements of poultry*. National Research Council. 9ª edición. Washington (Estados Unidos): National Academy Press. ISBN 0-309-04892-3.
- Nunes, F. 2021. La pechuga espagueti en los pollos de engorde. *Avinews* 50, 42-54.

- OIE. 2022. Código Sanitario para los Animales Terrestres. Organización Mundial de Sanidad Animal. <https://www.woah.org/es/que-hacemos/normas/codigos-y-manuales/acceso-en-linea-al-codigo-terrestre/>. (Fecha de consulta: 24/11/2022).
- Oliveira, J.L., Xin, H., Wu, H. 2019. Impact of feeder space on laying hen feeding behavior and production performance in enriched colony housing. *Animal* 13(2), 374-383.
- Olukosi, O.A., Van Kuijk, S., Han, Y. 2018. Copper and zinc sources and levels of zinc inclusion influence growth performance, tissue trace mineral content, and carcass yield of broiler chickens. *Poultry Science* 97(11), 3891-3898.
- Oteiza, P.I. 2012. Zinc and the modulation of redox homeostasis. *Free Radical Biology and Medicine* 53(9), 1748-1759.
- Owens, C.M. 2014. Identifying quality defects in poultry processing. *Watt Poult USA*, 42-50.
- Pacheco, W.J., Patiño, D.B., Vargas, J.I., Gulizia, J.P., Macklin, K.S., Biggs, T.J. 2021. Effect of partial replacement of inorganic zinc and manganese with zinc methionine and manganese methionine on live performance and breast myopathies of broilers. *Journal of Applied Poultry Research* 30(4), 100204.
- Pagazaurtundua, A., Warriss, P.D. 2006. Levels of foot pad dermatitis in broiler chickens reared in 5 different systems. *British Poultry Science* 47(5), 529-532.
- Pang, Y., Applegate, T.J. 2006. Effects of copper source and concentration on in vitro phytate phosphorus hydrolysis by phytase. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54(5), 1792-1796.
- Papah, M.B., Brannick, E.M., Schmidt, C. J., Abasht, B. 2017. Evidence and role of phlebitis and lipid infiltration in the onset and pathogenesis of Wooden Breast Disease in modern broiler chickens. *Avian Pathology* 46(6), 623-643.
- Parr, T., Cohen, J., Klasing, K., Usry, J. 2013. Evaluation of zinc sources for broiler performance and breast meat yield. *Poultry Science Association 102nd Annual Meeting. Abstracts. Poultry Science* 92 (1), 228.
- Pascual, A., Trocino, A., Birolo, M., Cardazzo, B., Bordignon, F., Ballarin, C., Carraro, L., Xiccato, G. 2020. Dietary supplementation with sodium butyrate: growth, gut response at different ages, and meat quality of female and male broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science* 19(1), 1134-1145.
- Patterson, P.H., Adrizal, A. 2005. Management strategies to reduce air emissions: emphasis-dust and ammonia. *The Journal of Applied Poultry Research* 14(3): 638-650.
- Pender, C.M., Kim, S., Potter, T.D., Ritzi, M.M., Young, M., Dalloul, R.A. 2017. In ovo supplementation of probiotics and its effects on performance and immune-related gene expression in broiler chicks. *Poultry Science* 96(5), 1052-1062.
- Perez-Bonilla, A., Frikha, M., Mohiti-Asli, M., Martín Díaz, A., Garcia-Alonso, J., Herrera, J., Gonzalez-Mateos, G. 2013. Molino de martillos vs. Molinos de rodillo: efectos de la molienda del cereal principal de la dieta sobre la productividad y la calidad del huevo en gallinas ponedoras rubias. *50 Congreso Científico de Avicultura WPSA-AECA*. Lleida, España. 1-9.

- Petracci, M., Bianchi, M., Cavani, C., Gaspari, P., Lavazza, A. 2006. Preslaughter mortality in broiler chickens, turkeys, and spent hens under commercial slaughtering. *Poultry Science* 85(9),1660-1664.
- Petracci, M., Mudalal, S., Babini, E., Cavani, C. 2014. Effect of white striping on chemical composition and nutritional value of chicken breast meat. *Italian Journal of Animal Science* 13(1), 179-183.
- Petracci, M., Mudalal, S., Bonfiglio, A., Cavani, C. 2013a. Occurrence of white striping under commercial conditions and its impact on breast meat quality in broiler chickens. *Poultry Science* 92(6), 1670-1675.
- Petracci, M., Mudalal, S., Soglia, F., Cavani, C. 2015. Meat quality in fast-growing broiler chickens. *World's Poultry Science Journal* 71(2), 363-374.
- Petracci, M., Sirri, F., Mazzoni, M., Meluzzi, A. 2013b. Comparison of breast muscle traits and meat quality characteristics in 2 commercial chicken hybrids. *Poultry Science* 92(9), 2438-2447.
- Petracci, M., Soglia, F., Berri, C. 2017. Muscle metabolism and meat quality abnormalities. *Poultry quality evaluation: Quality Attributes and Consumer Values*. Petracci, M., Berri, C. (editores). Sawston (Reino Unido): Woodhead Publishing. ISBN 978-0-08-100763-1. 51-75.
- Piestun, Y., Halevy, O., Yahav, S. 2009. Thermal manipulations of broiler embryos - The effect on thermoregulation and development during embryogenesis. *Poultry Science* 88(12), 2677-2688.
- Pijarska, I., Czech, A., Malec, H., Tymczynna, L. 2006. Effect of road transportation of chicks on blood biochemical indices and productive results of broilers. *Medycyna Weterynaryjna* 62(4), 408-410.
- Pilecco, M., Almeida, I.C.L., Tabaldi, L.A., Nääs, I.A., Garcia, R. G., Caldara, F.R., Francisco, N.S. 2013. Training of catching teams and reduction of back scratches in broilers. *Brazilian Journal of Poultry Science* 15(3), 283-286.
- Pilecco, M., Almeida, I.C.L., Tabaldi, L.A., Nääs, I.A., Garcia, R. G., Caldara, F.R., Andreia, G.O. 2012. Multi-criteria analysis of the influence of rearing, equipment, and catching management practices on the Incidence of back scratches in broilers. *Brazilian Journal of Poultry Science* 14(4), 275-282.
- Pilecco, M., Almeida Paz, I.C.L., Tabaldi, L.A., Nääs, I.A., Garcia, R. Caldara, F.R., Cavichiolo, F. 2011. Influência de fatores genéticos, ambientais e de manejo sobre a incidência de arranhões dorsais em frangos de corte. *Agrarian* 4(14), 352-358.
- PITESA. 2020. <https://www.pitesa.es/dry-bed/>. (Fecha de consulta: 04/04/2020).
- Popovich, S., Wawryk, M., Fricke, J., Gupta, A., Goonewardene, K., Ayalew, L., Karunarathna, R., Willson, P., Gomis, S. 2017. Evaluación de la calidad del pollito recién nacido según el índice Pasgar. *Selecciones avícolas* 712, 34.
- PRAN. 2021. *Informe anual 2020-2021 del Plan Nacional frente a la Resistencia a los Antibióticos (PRAN)*. Madrid (España): Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios (AEMPS), Ministerio de Sanidad. NIPO 134220017.

- Queiroz, M.D.V., Barbosa-Filho, J.A.D., Duarte, L.M., Brasil, D.D.F., Gadelha, C.R.F. 2015. Environmental and physiological variables during the catching of broilers. *Brazilian Journal of Poultry Science* 17(1), 37-44.
- Radaelli, G., Piccirillo, A., Birolo, M., Bertotto, D., Gratta, F., Ballarin, C., Vascerali, M., Xiccato, G., Trocino, A. 2017. Effect of age on the occurrence of muscle fiber degeneration associated with myopathies in broiler chickens submitted to feed restriction. *Poultry Science* 96(2), 309-319.
- Ramadan, S.G., Mahboub, H.D., Helal, M.A., Gaafar, K.M. 2013. Behaviour, welfare and performance of broiler chicks reared on different litter materials. *Assiut Veterinary Medical Journal* 59 (138), 9-18.
- Real Decreto 692/2010, de 20 de mayo, por el que se establecen las normas mínimas para la protección de los pollos destinados a la producción de carne y se modifica el Real Decreto 1047/1994, de 20 de mayo, relativo a las normas mínimas para la protección de terneros. Boletín Oficial del Estado núm. 135, de 3 de junio de 2010, 47986- 47995.
- Real Decreto 542/2016, de 25 de noviembre, sobre normas de sanidad y protección animal durante el transporte. Boletín Oficial del Estado núm. 297, de 9 de diciembre de 2016, 86034-86048.
- Real Decreto 637/2021, de 27 de julio, por el que se establecen las normas básicas de ordenación de las granjas avícolas. Boletín Oficial del Estado núm. 179, de 28 de julio de 2021, 90724-90759.
- Real Decreto 990/2022, de 29 de noviembre, sobre normas de sanidad y protección animal durante el transporte. Boletín Oficial del Estado núm. 287, de 30 de noviembre de 2022, 163336- 163363.
- Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro. Boletín Oficial del Estado núm. 9, de 11 de enero de 2023, 4253- 4354.
- Real Decreto 159/2023, de 7 de marzo, por el que se establecen disposiciones para la aplicación en España de la normativa de la Unión Europea sobre controles oficiales en materia de bienestar animal, y se modifican varios reales decretos. Boletín Oficial del Estado, núm. 57, de 8 de marzo de 2023, 34550-34573.
- Reali, E.H. 1994. Retirada do lote: Fatores que afetam o rendimento e a qualidade da carcaça. Manejo de Frango. *Conferencia anual da Fundação Apinco de Ciência e Tecnologia Avícola (FACTA)*. Campinas (Brasil). 103-108.
- Reddi, A R., Jensen, L.T., Naranuntarat, A., Rosenfeld, L., Leung, E., Shah, R., Culotta, V.C. 2009. The overlapping roles of manganese and Cu/Zn SOD in oxidative stress protection. *Free Radical Biology and Medicine* 46(2), 154-162.
- Reglamento (CE) nº 1334/2003 de la Comisión, de 25 de julio de 2003, por el que se modifican las condiciones para la autorización de una serie de aditivos en la alimentación animal pertenecientes al grupo de los oligoelementos. DOUE núm. 187, de 26 de julio de 2003, 11-15.

- Reglamento (CE) nº 854/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004, por el que se establecen normas específicas para la organización de controles oficiales de los productos de origen animal destinados al consumo humano. DOUE núm. 139, de 30 de abril de 2004, 206-320.
- Reglamento (CE) nº 1/2005 del Consejo, de 22 de diciembre de 2004, relativo a la protección de los animales durante el transporte y las operaciones conexas y por el que se modifican las Directivas 64/432/CEE y 93/119/CE y el Reglamento (CE) nº 1255/97. DOUE núm. 3, de 5 de enero de 2005, 1-44.
- Reglamento (CE) nº 479/2006 de la Comisión, de 23 de marzo de 2006, relativo a la autorización de determinados aditivos pertenecientes al grupo de compuestos de oligoelementos. DOUE núm. 86, de 24 de marzo de 2006, 4-7.
- Reglamento Delegado (UE) 2019/624 de la Comisión, de 8 de febrero de 2019, relativo a normas específicas respecto a la realización de controles oficiales sobre la producción de carne y respecto a las zonas de producción y reinstalación de moluscos bivalvos vivos de conformidad con el Reglamento (UE) 2017/625 del Parlamento Europeo y del Consejo. DOUE núm. 131, de 17 de mayo de 2019, 1-17.
- Remignon, H., Mills, A.D., Guemene, D., Desrosiers, V., Garreau-Mills, M., Marche, M., Marche, G. 1998. Meat quality traits and muscle characteristics in high or low fear lines of Japanese quails (*Coturnix japonica*) subjected to acute stress. *British Poultry Science* 39(3), 372-378.
- Richards, J., Hampton, T., Wuelling, C., Wehmeyer, M., Dibner, J.J. 2006. Mintrex Zn and Mintrex Cu organic trace minerals improve intestinal strength and immune responses to coccidiosis infection and/or vaccination in broilers. *2006 International Poultry Scientific Forum. Proceedings. Poultry Science* 92 (1), 257-259.
- Richards, J.D., Manangi, M.K., Dibner, J.J., Carter, S. 2011. Contribución de los quelatos minerales a la integridad biológica. *Selecciones avícolas* 53(7), 35-38.
- Ritz, C.W., Webster, A.B., Czarick III, M. 2005. Evaluation of hot weather thermal environment and incidence of mortality associated with broiler live haul. *Journal of Applied Poultry Research* 14(3), 594-602.
- Romero, M.H., Sánchez-Valencia, J. A., Moncayo-Mora, J.F. 2014. Evaluation of mortality and traumatic injuries in broiler chickens under commercial slaughtering conditions. *Biosalud* 13(1), 30-36.
- Rosero, J.P., Guzman, E.F., López, F.J. 2012. Evaluación del comportamiento productivo de las líneas de pollos de engorde Cobb 500 y Ross 308. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* 10(1), 8-15.
- Roza, L.F., Tavernari, F.D C., Surek, D., Sordi, C., Albino, L.F.T., Paiano, D., Boiago, M.M., Petrolli, T.G. Júnior, A.C. 2018. Metabolizable energy and amino acid digestibility of mash and pelleted diets for broilers determined under different methodologies. *Animal Feed Science and Technology* 235, 1-7.
- Rozenboim, I., Piestun, Y., Mobarkey, N., Barak, M., Hoyzman, A. Halevy, O. 2004. Monochromatic light stimuli during embryogenesis enhance embryo development and posthatch growth. *Poultry Science* 83(8), 1413-1419.

- Rubio, J. 2005a. Bioseguridad, vacío sanitario. Programas 3D: desinfección, desinsectación y desratización. *XLII Symposium Científico de Avicultura*. Cáceres, España.
- Rubio, J. 2005b. Suministro de agua de calidad en las granjas de broilers. *Jornadas profesionales de avicultura de carne 2005 de la Real Escuela de Avicultura*. Valladolid (España).
- Russo, E., Drigo, M., Longoni, C., Pezzotti, R., Fasoli, P., Recordati, C. 2015. Evaluation of white striping prevalence and predisposing factors in broilers at slaughter. *Poultry Science* 94(8), 1843-1848.
- Saraiva, S., Esteves, A., Oliveira, I., Mitchell, M., Stilwell, G. 2020. Impact of pre-slaughter factors on welfare of broilers. *Veterinary and Animal Science* 10, 100146.
- Savenije, B., Lambooi, E., Gerritzen, M.A., Venema, K., Korf, J. 2002. Effects of feed deprivation and transport on preslaughter blood metabolites, early postmortem muscle metabolites, and meat quality. *Poultry Science* 81(5), 699-708.
- Scanlan, C.M., Hargis, B.M. 1989. A bacteriologic study of scabby-hip lesions from broiler chickens in Texas. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* 1(2), 170-173.
- Serrano, M.P., Frikha, M., Corchero, J., Mateos, G.G. 2013. Influence of feed form and source of soybean meal on growth performance, nutrient retention, and digestive organ size of broilers. 2. Battery study. *Poultry Science* 92(3), 693-708.
- Serrano, M.P., Valencia, D.G., Méndez, J., Mateos, G.G. 2012. Influence of feed form and source of soybean meal of the diet on growth performance of broilers from 1 to 42 days of age. 1. Floor pen study. *Poultry Science* 91(11), 2838-2844.
- Shafey, T.M., Mahmoud, A.H., Alsobayel, A.A., Abouheif, M.A. 2014. Effects of in ovo administration of amino acids on hatchability and performance of meat chickens. *South African Journal of Animal Science* 44(2), 123-130.
- Shao, D., He, J., Lu, J., Wang, Q., Chang, L., Shi, S.R., Bing, T.H. 2015. Effects of sawdust thickness on the growth performance, environmental condition, and welfare quality of yellow broilers. *Poultry science* 94(1), 1-6.
- Shastak, Y., Rodehutsord, M. 2013. Determination and estimation of phosphorus availability in growing poultry and their historical development. *World's Poultry Science Journal* 69(3), 569-586.
- Sihvo, H.K., Immonen, K., Puolanne, E. 2014. Myodegeneration with fibrosis and regeneration in the pectoralis major muscle of broilers. *Veterinary Pathology* 51(3), 619-623.
- Sihvo, H.K., Lindén, J., Airas, N., Immonen, K., Valaja, J., Puolanne, E. 2017. Wooden breast myodegeneration of pectoralis major muscle over the growth period in broilers. *Veterinary Pathology* 54(1), 119-128.
- Sirri, F., Minelli, G., Folegatti, E., Lolli, S., Meluzzi, A. 2007. Foot dermatitis and productive traits in broiler chickens kept with different stocking densities, litter types and light regimen. *Italian Journal of Animal Science* 6(1), 734-736.
- Skånseng, B., Svihus, B., Rudi, K., Trosvik, P., Moen, B. 2013. Effect of different feed structures and bedding on the horizontal spread of *Campylobacter jejuni* within broiler flocks. *Agriculture* 3(4), 741-760.

- Soglia, F., Mazzoni, M., Petracci, M. 2019. Spotlight on avian pathology: current growth-related breast meat abnormalities in broilers. *Avian Pathology* 48(1), 1-3.
- Soglia, F., Mazzoni, M., Zappaterra, M., Di Nunzio, M., Babini, E., Bordini, M., Sirri, F., Clavenzani, P., Davoli, R., Petracci, M. 2020. Distribution and expression of vimentin and desmin in broiler pectoralis major affected by the growth-related muscular abnormalities. *Frontiers in Physiology* 10, 1581.
- Soglia, F., Mudalal, S., Babini, E., Di Nunzio, M., Mazzoni, M., Sirri, F., Cavani, C., Petracci, M. 2016. Histology, composition, and quality traits of chicken Pectoralis major muscle affected by wooden breast abnormality. *Poultry Science* 95(3), 651-659.
- Sogunle, O.M., Ogunjimi, B.A., Fanimu, A.O. 2006. Effect of litter depth on the performance of three strains of broiler chickens. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 5(12), 1155-1157.
- Sowinska, J., Wojcik, A., Pomianowski, J. F., Chorazy, L., Mituniewicz, T., Witkowska, D., Piotrowska, J., Kwiatrowska, A., Czaplinska, B., Kuczynska, P. 2013. Effects of different variants of pre-slaughter transport on body weight loss and meat quality in broiler chickens. *Medycyna Weterynaryjna* 69(7), 420-423.
- Stamp, M., Donnelly, C.A., Jones, T.A. 2004. Chicken welfare is influenced more by housing conditions than by stocking density. *Nature* 427(6972), 342-344.
- Strawford, M. L., Watts, J. M., Crowe, T. G., Classen, H. L., Shand, P. J. 2011. The effect of simulated cold weather transport on core body temperature and behavior of broilers. *Poultry Science* 90(11), 2415-2424.
- Sturkie, P. D. 1946. Tolerance of adult chickens to hypothermia. *American Journal of Physiology-Legacy Content*, 147(3), 531-536.
- Su, G., Sørensen, P., Kestin, S.C. 2000. A note on the effects of perches and litter substrate on leg weakness in broiler chickens. *Poultry Science* 79(9), 1259-1263.
- Svihus, B., Juvik, E., Hetland, H., Krogdahl, Å. 2004. Causes for improvement in nutritive value of broiler chicken diets with whole wheat instead of ground wheat. *British Poultry Science* 45(1), 55-60.
- Taherparvar, G., Seidavi, A., Asadpour, L., Payan-Carreira, R., Laudadio, V., Tufarelli, V. 2016. Effect of litter treatment on growth performance, intestinal development, and selected cecum microbiota in broiler chickens. *Revista Brasileira de Zootecnia* 45(5), 257-264.
- Teirlynck, E., Gussem, M.D.E., Dewulf, J., Haesebrouck, F., Ducatelle, R., Van Immerseel, F. 2011. Morphometric evaluation of “dysbacteriosis” in broilers. *Avian Pathology* 40(2), 139-144.
- Teke, B., Akin, P.D., Akdag, F., Ugurlu, M., Ekiz, B. 2019. The effect of season on dead on arrival rate and meat quality characteristics of broiler chicken transported in commercial slaughter conditions. *Large Animal Review* 25(4), 147-152.
- Teo, M.L. 2018. *The effect of different stocking densities on body temperature of broiler chickens*. Tesis Doctoral. Universidad de Georgia, Athens (Estados Unidos).

- Terzich, M. 1997. Effects of sodium bisulfate on poultry house ammonia, litter pH, litter pathogens and insects, and bird performance. *Proceedings of the 46th Western Poultry Disease Conference*. Sacramento, Estados Unidos. 71-74.
- Toghyani, M., Gheisari, A., Modaresi, M., Tabeidian, S. A., Toghyani, M. 2010. Effect of different litter material on performance and behavior of broiler chickens. *Applied Animal Behaviour Science* 122(1), 48-52.
- Tona, K., Bruggeman, V., Onagbesan, O., Bamelis, F., Gbeassor, M., Mertens, K., Decuypere, E. 2005. Day-old chick quality: Relationship to hatching egg quality, adequate incubation practice and prediction of broiler performance. *Avian and Poultry Biology Reviews* 16(2), 109-119.
- Tondeur, W.J., Lopez-Brea, P.F. 2015. Evaluación de los principales defectos en canales de broilers en España y Portugal. *Avinews* 12, 21-31.
- Toppel, K., Kaufmann, F., Schön, H., Gauly, M., Andersson, R. 2019. Effect of pH-lowering litter amendment on animal-based welfare indicators and litter quality in a European commercial broiler husbandry. *Poultry Science* 98(3), 1181-1189.
- Traffano-Schiffo, M.V., Castro-Giraldez, M., Colom, R. J., Fito, P. J. 2017. Development of a spectrophotometric system to detect white striping physiopathy in whole chicken carcasses. *Sensors* 17(5), 1024.
- Trevidy, J.J. 2005. Mash or Pellet? The Question of Feed presentation, feed factory technology and manufacturing costs. <https://www.thepoultrysite.com/articles/mash-or-pellet-the-question-of-feed-presentation-feed-factory-technology-and-manufacturing-costs>. (Fecha de consulta: 15/08/2020).
- Trocino, A., Piccirillo, A., Birolo, M., Radaelli, G., Bertotto, D., Filiou, E., Petracci, M., Xiccato, G. 2015. Effect of genotype, gender and feed restriction on growth, meat quality and the occurrence of white striping and wooden breast in broiler chickens. *Poultry Science* 94(12), 2996-3004.
- Umar, S., Munir, M.T., Ahsan, U., Raza, I., Chowdhury, M.R., Ahmed, Z., Shah, M.A.A. 2017. Immunosuppressive interactions of viral diseases in poultry. *World's Poultry Science Journal* 73(1), 121-135.
- Uni, Z., Ferket, R.P. 2004. Methods for early nutrition and their potential. *World's Poultry Science Journal* 60(1), 101-111.
- Valls, J.L. 2015. La importancia de elegir y mantener una buena cama. *Avinews* 13, 62-63.
- Valls, J.L. 2016. La cama ¡cada vez se valora más su importancia! *Avinews* 21, 37-47.
- Van der Klis, J.D., Versteegh, H.A.J. 1996. *Recent Developments in Poultry Nutrition 2: Phosphorus nutrition of poultry*. Wiseman, J., Garnsworthy, P.C. (editores). Nottingham (Reino Unido): Nottingham University Press. ISBN: 978-1-897-67643-1. 342 pp.
- Van Harn, J., De Jong, I.C., Veldkamp, T. 2009. Effect strooiselmateriaal, strooiselhoeveelheid, opvangschoteltjes en waterdruk op resultaten vleeskuikens. *Wageningen UR Livestock Research, Rapport 220*. 76 pp.
- Van Horne, P.L. 2018. Competitiveness of the EU poultry meat sector, base year 2017. International comparison of production costs. *Wageningen Economic Research, Report 2018-116*. 45pp.

- Van Loo, E., Caputo, V., Nayga, Jr, R.M., Meullenet, J.F., Crandall, P. G., Ricke, S.C. 2010. Effect of organic poultry purchase frequency on consumer attitudes toward organic poultry meat. *Journal of Food Science* 75(7), S384-S397.
- Vecerek, V., Grbalova, S., Voslarova, E., Janackova, B., Malena, M. 2006. Effects of travel distance and the season of the year on death rates of broilers transported to poultry processing plants. *Poultry Science* 85(11), 1881-1884.
- Vecerek, V., Voslarova, E., Conte, F., Vecerkova, L., Bedanova, I. 2016. Negative trends in transport-related mortality rates in broiler chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 29(12), 1796-1804.
- Velarde, A. 2010. El bienestar animal y la calidad del producto final. *Dossier técnico del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación* 18, 24-27.
- Velarde, A. 2015. Relación entre el bienestar y la calidad de los productos avícolas. *50 Congreso Científico de Avicultura WPSA-AECA*. Lleida, España. 1-4.
- Velleman, S.G., Nestor, K.E., Coy, C.S., Harford, I., Anthony, N.B. 2010. Effect of posthatch feed restriction on broiler breast muscle development and muscle transcriptional regulatory factor gene and heparan sulfate proteoglycan expression. *International Journal of Poultry Science* 9(5), 417-425.
- Vieira, F.M.C., Silva, I.J.O., Barbosa-Filho, J.A.D., Vieira, A.M.C., Broom, D. M. 2011. Preslaughter mortality of broilers in relation to lairage and season in a subtropical climate. *Poultry Science* 90(10), 2127-2133.
- Vieira, S.L., Moran, E.T. 1999a. Effects of delayed placement and used litter on broiler yields. *Journal of Applied Poultry Research* 8(1), 75-81.
- Vieira, S.L., Moran, E.T. 1999b. Effects of egg of origin and chick post-hatch nutrition on broiler live performance and meat yields. *World's Poultry Science Journal* 55(2), 125-142.
- Vieira, S.L., Penz Jr, A.M., Pophal, S., de Almeida, J.G. 2003. Sodium requirements for the first seven days in broiler chicks. *Journal of Applied Poultry Research* 12(3), 362-370.
- Villa, A. 2010. La primera semana de vida del pollo. *Selecciones Avícolas* 52(3), 7-12.
- Villagra, A., Olivas, I., Althaus, R.L., Gómez, E.A., Lainez, M., Torres, A.G. 2014. Behavior of broiler chickens in four different substrates: a choice test. *Brazilian Journal of Poultry Science* 16(1), 67-75.
- Villarroel, M., Barreiro, P., Kettlewell, P., Farish, M., Mitchell, M. 2011. Time derivatives in air temperature and enthalpy as non-invasive welfare indicators during long distance animal transport. *Biosystems Engineering* 110(3), 253-260.
- Villarroel, M., Francisco, I., Ibáñez, M.A., Novoa, M., Martínez, P., Méndez, J., de Blas, C. 2018a. Rearing, bird type and pre-slaughter transport conditions of broilers II. Effect on foot-pad dermatitis and carcass quality. *Spanish Journal of Agricultural Research* 16(2), e0504, 1-10.
- Villarroel, M., Pomares, F., Ibanez, M.A., Lage, A., Martinez-Guijarro, P., Mendez, J., de Blas, C. 2018b. Rearing, bird type and pre-slaughter transport conditions I. Effect on dead on arrival. *Spanish Journal of Agricultural Research* 16(2), e0503, 1-7.
- Vinus, B. S., Maan, N. S. 2021. Effect of dietary supplementation of organic minerals on carcass traits of broilers. *The Pharma Innovation Journal*, SP-10(11): 1886-1889.

- Voslarova, E., Janackova, B., Vitula, F., Kozak, A., Vecerek, V. 2007. Effects of transport distance and the season of the year on death rates among hens and roosters in transport to poultry processing plants in the Czech Republic in the period from 1997 to 2004. *Veterinární Medicína* 52(6), 262-266.
- Vosmerova, P., Chloupek, J., Bedanova, I., Chloupek, P., Kruzikova, K., Blahova, J., Vecerek, V. 2010. Changes in selected biochemical indices related to transport of broilers to slaughterhouse under different ambient temperatures. *Poultry Science* 89(12), 2719-2725.
- Wang, Y.B., Xu, B.H. 2008. Effect of different selenium source (sodium selenite and selenium yeast) on broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology* 144(3-4), 306-314.
- Warriss, P.D., Bevis, E.A., Brown, S.N., Edwards, J.E. 1992. Longer journeys to processing plants are associated with higher mortality in broiler chickens. *British Poultry Science* 33(1), 201-206.
- Warriss, P.D., Pagazartundua, A., Brown, S.N. 2005. Relationship between maximum daily temperature and mortality of broiler chickens during transport and lairage. *British Poultry Science* 46(6), 647-651.
- Watts, J.M., Graff, L.J., Strawford, M.L., Crowe, T.G., Burlingquette, N.A., Classen, H.L., Shand, P.J. 2011. Heat and moisture production by broilers during simulated cold weather transport. *Poultry Science* 90(9), 1890-1899.
- Weaver Jr, W.D., Meijerhof, R. 1991. The effect of different levels of relative humidity and air movement on litter conditions, ammonia levels, growth, and carcass quality for broiler chickens. *Poultry Science* 70(4), 746-755.
- Webster, A.J.F., Tuddenham, A., Saville, C.A., Scott, G.B. 1993. Thermal stress on chickens in transit. *British Poultry Science* 34(2), 267-277.
- Wedekind, K.J., Hortin, A., Baker, D.H. 1992. Methodology for assessing zinc bioavailability: efficacy estimates for zinc-methionine, zinc sulfate, and zinc oxide. *Journal of Animal Science* 70(1), 178-187.
- Weeks, C. A. Poultry handling and transport. *Livestock handling and transport*. Wallingford (Reino Unido): CABI, 2014. 378-398.
- Wein, Y., Geva, Z., Bar-Shira, E., Friedman, A. 2017. Transport-related stress and its resolution in turkey pullets: activation of a pro-inflammatory response in peripheral blood leukocytes. *Poultry Science* 96(8), 2601-2613.
- Welfare Quality 2009. <http://www.welfarequalitynetwork.net/en-us/reports/assessment-protocols/>. Assessment protocol for poultry. (Fecha de consulta: 02/05/2020).
- Whiting, T.L., Drain, M.E., Rasali, D.P. 2007. Warm weather transport of broiler chickens in Manitoba. II. Truck management factors associated with death loss in transit to slaughter. *The Canadian Veterinary Journal* 48(2), 148-154.
- Willis, W.L., Murray, C., Talbott, C. 1997. Evaluation of leaves as a litter material. *Poultry Science* 76(8), 1138-1140.
- Wold, J.P., Måge, I., Løvland, A., Sanden, K.W., Ofstad, R. 2019. Near-infrared spectroscopy detects woody breast syndrome in chicken fillets by the markers protein content and degree of water binding. *Poultry Science* 98(1), 480-490.

- Worley, J.W., Czarick, M.M., Fairchild, B.F. 2005. *Agriculture as a Producer and Consumer of Energy*. Section 3: Energy Conservation and Efficiency in Agriculture. Trends in US poultry housing for energy conservation. Outlaw, J., Collins, K., Duffield, J. (editores). Oxfordshire (Reino Unido): CABI Publishing. ISBN 978-085-199-0187. 243-253.
- Xin, H., Berry, I.L., Tabler, G.T., Costello, T.A. 2001. Heat and moisture production of poultry and their housing systems: broilers. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 44(6), 1851-1857.
- Yasar, S. 2003. Performance, gut size and ileal digesta viscosity of broiler chickens fed with a whole wheat added diet and the diets with different wheat particle sizes *International Journal of Poultry Science* 2(1), 75-82.
- Yassin, H., Velthuis, A.G., Boerjan, M., van Riel, J. 2009. Field study on broilers first-week mortality. *Poultry Science* 88(4), 798-804.
- York, T. W., Bedford, M. R., Walk, C. L. 2016. *Phytate destruction - consequences for precision animal nutrition. Chapter 17: Trace minerals-what role should they play in today's poultry industry with respect to fast growth rate and woody breast?* Walk, C.L., Kühn, I., Stein, H.H., Kidd, M.T., Rodehutsord, M. (editores). Wageningen (Países Bajos): Wageningen Academic Publishers. 251-266.
- Youssef, I.M.I., Beineke, A., Rohn, K., Kamphues, J. 2011. Effects of litter quality (moisture, ammonia, uric acid) on development and severity of foot pad dermatitis in growing turkeys. *Avian Diseases* 55(1), 51-58.
- Yu, Y., Lu, L., Wang, R.L., Xi, L., Luo, X.G., Liu, B. 2010. Effects of zinc source and phytate on zinc absorption by in situ ligated intestinal loops of broilers. *Poultry Science* 89(10), 2157-2165.
- Yue, H.Y., Zhang, L., Wu, S.G., Xu, L., Zhang, H.J., Qi, G.H. 2010. Effects of transport stress on blood metabolism, glycolytic potential, and meat quality in meat-type yellow-feathered chickens. *Poultry Science* 89(3), 413-419.
- Zampiga, M., Soglia, F., Petracci, M., Meluzzi, A., Sirri, F. 2019. Effect of different arginine-to-lysine ratios in broiler chicken diets on the occurrence of breast myopathies and meat quality attributes. *Poultry Science* 98(6), 2691-2697.
- Zimmermann, F.C. 2008. *Miopatia dorsal cranial em frangos de corte: caracterização anatomopatológica, colheita e análise de dados*. Tesis de Maestria. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Brasil.
- Zuidhof, M.J., Schneider, B.L., Carney, V.L., Korver, D.R., Robinson, F.E. 2014. Growth, efficiency, and yield of commercial broilers from 1957, 1978, and 2005. *Poultry Science* 93(12), 2970-2982.
- Zuowei, S., Yan, L., Yuan, L., Jiao, H., Song, Z., Guo, Y., Lin, H. 2011. Stocking density affects the growth performance of broilers in a sex-dependent fashion. *Poultry Science* 90(7), 1406-1415.



La avicultura de carne es una de las industrias más avanzadas y evolucionadas dentro de la producción animal. La tesis aborda diferentes estrategias para mejorar el bienestar y la calidad de unos animales cuya selección genética los vuelve muy susceptibles a todas las fases involucradas, tanto nutricionales como de manejo.

Por una parte, se evalúan tres materiales de cama y su relación con la aparición de defectos de calidad en las canales.

Por otra, se trata de establecer un programa de alimentación que disminuya la frecuencia de aparición de miopatías pectorales. Y por último, se estudian diversos factores implicados en el transporte y espera en la planta de procesado para conocer y abordar los posibles problemas que pueden causar.