



Universidad  
Católica  
de Valencia  
San Vicente Mártir

**"INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE GRUPO Y EL  
PERIODO DE PUESTA SOBRE LA PRODUCCIÓN, EL  
PESO DEL HUEVO Y LA CALIDAD DE LA CÁSCARA  
EN GALLINAS ALOJADAS EN JAULAS"**

## **TESIS DOCTORAL**

Presentada por:

**Ramiro Soler Castillo**

Dirigida por:

**Dr. Joel Bueso Ródenas**



## AGRADECIMIENTOS

A mi director, doctor Joel Bueso Ródenas, por su apoyo incondicional, pues sin él no hubiera llegado a buen término este trabajo.

Al decano de la facultad de Veterinaria y Ciencias Experimentales de la Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir, doctor Antonio Calvo Capilla, por su confianza durante estos años.

Al doctor don Enrique Carbonell Baldoví, por acompañarme durante este viaje.

A mis padres por su ejemplo en la vida.

A mi esposa Tere y a mis hijos Ramiro y Miguel, por ser la base sobre la que se asienta mi vida.



## RESUMEN

El huevo de gallina (*Gallus gallus*) es un alimento considerado básico, con un consumo extendido en todo el mundo, por su contenido nutricional y por no haber restricciones religiosas para su consumo. La población española valora a la hora de comprar huevos factores como la frescura, el tamaño y precio, seguidos del sistema de producción. Existe una tendencia, principalmente en los países europeos, encaminada a un aumento de la cría de gallinas en sistemas libres de jaulas, aunque la gran mayoría de los huevos que se producen en el mundo lo son en sistemas de jaulas, por su eficacia productiva y rentabilidad económica.

Partiendo de la hipótesis de que las gallinas alojadas en jaulas son capaces de alcanzar altos niveles de producción, sin que estos se vean alterados negativamente por el sistema de alojamiento y el manejo, se realizó este estudio cuyo objetivo fue evaluar la producción, la tasa de mortalidad, el consumo de alimento, el peso y la calidad externa de la cáscara de los huevos producidos por gallinas alojadas en tres tamaños de grupo (20, 26 y 60 gallinas), los tres grupos con la misma densidad de población.

Se estudiaron 22 lotes de gallinas Hy-Line (2.849.869 gallinas) alojadas en 22 naves con baterías de jaulas enriquecidas que cumplieran con los requisitos de la Directiva 99/74/EC. El periodo de recogida de datos abarcó desde junio de 2018 hasta noviembre de 2020. Las gallinas se alojaron en baterías en tres tipos de jaulas enriquecidas, con una capacidad de 20 (S20), 26 (S26) y 60 gallinas (S60). Cada gallina disponía de más de 750 cm<sup>2</sup> de superficie en los tres tipos de jaula. El ciclo de puesta se dividió en tres periodos: Inicial de las 19 a las 26 semanas de vida, Medio de las 27 a las 52 semanas de vida y Final de las 53 a las 74 semanas de vida. Las variables que se estudiaron fueron el número de huevos totales (HT), el número de huevos sucios (SUC), el número de huevos rotos (ROT), el número de huevos fisurados (FIS), el número de huevos clasificados S, M, L y XL, así como el consumo de alimento (CONSUM), expresado en gramos por ave/día y la mortalidad (MORT).

El análisis del tamaño de grupo no mostró diferencias significativas en los datos obtenidos para el porcentaje de puesta, mortalidad, huevos de categoría L y porcentaje de huevos sucios. El porcentaje de huevos XL fue mayor en las gallinas alojadas en el grupo de menor tamaño (S20), mientras que los huevos M fueron más numerosos en el grupo S26. Para las variables correspondientes a la integridad de la cáscara, el porcentaje de huevos rotos fue menor en S20, y para los huevos que presentaban fisuras el grupo S60 fue el que presentó una mayor incidencia. El consumo de alimento fue mayor en el grupo de menor número de aves, S20.

La fase productiva influyó sobre todas las variables estudiadas. El porcentaje de puesta fue significativamente mayor durante el período Medio, mientras que la mortalidad fue mayor en el periodo Final. Referente al peso del huevo los datos obtenidos reflejaron un mayor porcentaje de huevos XL en la fase Final, periodo en el que se contabilizaron un mayor número de huevos rotos y fisurados. El consumo de pienso por gallina fue menor en el periodo Inicial. En el grupo de 20 gallinas se registraron los mejores datos para el peso de huevo XL y la menor cantidad de huevos rotos y fisurados, por lo que se propone como el tamaño de grupo recomendado para optimizar la rentabilidad de las jaulas.

**Palabras clave:** gallinas en jaula; tamaño de la jaula; calidad de la cáscara; porcentaje de puesta; peso del huevo

## ABSTRACT

Chicken eggs (*Gallus gallus*) are considered a staple food, widely consumed throughout the world, due to their nutritional content and the fact that there are no religious restrictions on their consumption. When buying eggs, the Spanish population values factors such as freshness, size and price, followed by the production system. There is a trend, mainly in European countries, towards an increase in the rearing of hens in cage-free systems, although the vast majority of eggs produced in the world are produced in cage systems, due to their productive efficiency and economic profitability.

Based on the hypothesis that hens housed in cages are capable of achieving high levels of production, without these being negatively altered by the housing system and management, this study was conducted to evaluate the production, mortality rate, feed consumption, weight and external shell quality of eggs produced by hens housed in three group sizes (20, 26 and 60 hens), all three groups at the same stocking density.

Twenty-two flocks of Hy-Line hens (2,849,869 hens) housed in 22 enriched cage battery houses complying with the requirements of Directive 99/74/EC were studied. The data collection period covered from June 2018 to November 2020. The hens were housed in batteries in three types of enriched cages, with a capacity of 20 (S20), 26 (S26) and 60 hens (S60). Each hen had more than 750 cm<sup>2</sup> of floor space in all three cage types. The laying cycle was divided into three periods: Initial from 19 to 26 weeks of age, Middle from 27 to 52 weeks of age and Final from 53 to 74 weeks of age. The variables studied were the number of total eggs (HT), the number of dirty eggs (SUC), the number of broken eggs (ROT), the number of cracked eggs (FIS), the number of eggs classified S, M, L and XL, as well as feed consumption (CONSUM), expressed in grams per bird/day) and mortality (MORT).

Cluster size analysis showed no significant differences in the data obtained for laying percentage, mortality, L grade eggs and percentage of dirty eggs. The percentage of XL eggs was higher in hens housed in the smallest

group size (S20), while M eggs were more numerous in the S26 group. For the shell integrity variables, the percentage of broken eggs was lower in S20, and for cracked eggs the S60 group had the highest incidence. Feed consumption was highest in the group with the lowest number of hens, S20.

The production phase influenced all the variables studied. Laying percentage was significantly higher during the Middle period, while mortality was higher in the Final period. Egg weight data showed a higher percentage of XL eggs in the Final period, when a higher number of broken and cracked eggs were counted. Feed consumption per hen was lower in the Initial period. The group of 20 hens had the best data for XL egg weight and the lowest number of cracked and broken eggs and is therefore proposed as the recommended group size to optimise cage profitability.

Keywords: caged hens; cage size; shell quality; laying percentage; egg weight.

## Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 El sector del huevo.....	1
1.1.1 Producción a nivel mundial.....	1
1.1.2 Producción a nivel europeo .....	3
1.1.3 Censos según el sistema productivo .....	4
1.1.4 Producción en España.....	7
1.1.5 Censo de gallinas por comunidades autónomas.....	10
1.1.6 Consumo de huevos.....	12
1.1.7 Precio del huevo según peso .....	13
1.2 La gallina ponedora.....	14
1.2.1 Características de la gallina de puesta .....	14
1.2.2 Razas de gallinas de puesta.....	15
1.3 Avicultura de puesta. Sistemas de producción.....	18
1.3.1 Sistema de producción en jaula.....	18
1.3.2 Sistema de producción en suelo o aviario .....	20
1.3.3 Sistema de producción de gallinas camperas .....	21
1.3.4 Sistemas de producción de gallinas ecológicas.....	22
1.3.5 Sistemas alternativos y bienestar animal.....	24
1.3.6 Ciclo de puesta y sus fases .....	28
1.4 El huevo: fisiología y estructura .....	32

1.4.1 Desarrollo embrionario del aparato reproductor .....	32
1.4.2 Anatomía del oviducto .....	33
1.4.3 Fisiología de la puesta .....	35
1.4.4 Formación de la cáscara .....	42
1.4.5 Control hormonal de la ovulación en la gallina ponedora. ....	45
1.4.6 Fotoperiodo y estimulación lumínica.....	47
1.5 Principales alteraciones de la cáscara .....	51
1.5.1 Alteraciones de la cáscara.....	52
1.5.2 Factores que afectan a la calidad de la cáscara.....	62
1.5.3 Calidad externa de la cáscara .....	63
1.5.4 Causas de roturas de la cáscara .....	65
2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS .....	71
2.1 Hipótesis .....	71
2.2 Objetivo principal.....	72
2.2.1 Objetivos específicos.....	72
3. MATERIAL Y MÉTODOS .....	73
3.1 Instalaciones y animales .....	73
3.1.1 Localización de las naves.....	73
3.1.2 Condiciones ambientales de las explotaciones .....	76
3.1.3 Alimentación de las ponedoras.....	77

3.1.4 Manejo de las gallinas .....	78
3.1.5 Características de las jaulas .....	81
3.2 Diseño experimental y variables estudiadas .....	83
3.2.1 Recogida de los huevos .....	83
3.2.2 Variables estudiadas .....	84
3.3 Análisis estadístico.....	89
4. RESULTADOS .....	90
4.1 Influencia de la fase productiva sobre los parámetros analizados .....	90
4.2 Influencia del tamaño de grupo sobre los parámetros analizados .....	97
5. DISCUSIÓN.....	104
6. CONCLUSIONES .....	114
7. REFERENCIAS .....	115
8.- ANEXO I.....	135

ÍNDICE DE TABLAS	Página
Tabla 1. Porcentaje de huevos (toneladas) por continente (2019)	2
Tabla 2. Producción de huevos (toneladas) por países (2019)	3
Tabla 3. Producción de huevos en Europa	4
Tabla 4. Porcentaje de gallinas según el sistema productivo en los principales países productores de huevo del mundo	6
Tabla 5. Censos de gallinas ponedoras por sistema de cría en la Unión Europea	7
Tabla 6. Evolución de los censos medios de gallinas ponedoras por sistema de cría en España, según notificación REGA (2009-2020)	8
Tabla 7. Censo de granjas de producción por comunidad autónoma	11
Tabla 8. Consumo <i>per cápita</i> de huevos en España 2019-2020 (en unidades)	13
Tabla 9. Densidad de aves según el sistema productivo	24
Tabla 10. Comparativa de parámetros productivos en distintos sistemas de producción	26
Tabla 11. Costes relativos (%) de producción del huevo en diferentes sistemas de cría (tomando como base 100 el sistema en jaula)	28
Tabla 12. Influencia de los sistemas simpático y parasimpático en la fisiología de las aves	46
Tabla 13. Factores que afectan a la calidad de la cáscara	63

Tabla 14.	Distribución de las granjas según el tamaño del grupo de gallinas, el número de repeticiones (granjas) y el promedio de gallinas alojadas por granja	74
Tabla 15.	Características de las explotaciones avícolas empleadas en el estudio	75
Tabla 16.	Programa vacunal de las pollitas de recría	80
Tabla 17.	Distribución del número de huevos recogidos en cada periodo	84
Tabla 18.	Resultados de las variables estudiadas según el periodo del ciclo productivo (media $\pm$ error estándar)	90
Tabla 19.	Resultados de las variables estudiadas según el tamaño de grupo (media $\pm$ error estándar)	98

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Porcentaje de gallinas por sistema de cría en España	9
Figura 2.	Número de granjas según tipo en España	10
Figura 3.	Distribución del censo de gallinas ponedoras por comunidades autónomas	12
Figura 4.	Gráfica de estándares de rendimiento para ponedoras	31
Figura 5.	Sistema reproductivo de la gallina	34
Figura 6.	Ovario con ovocitos en distintas fases de crecimiento	38
Figura 7.	Estructura de la cáscara del huevo	43
Figura 8.	Evolución del fotoperiodo en la estimulación de las gallinas ponedoras desde la fase de recría	49
Figura 9.	Evolución de la intensidad de la luz durante los periodos de recría y puesta en gallinas ponedoras	50
Figura 10.	Huevos en fárfara	52
Figura 11.	Huevos arrugados	53
Figura 12.	Huevo diana	54
Figura 13.	Huevos con alteraciones en el vértice	54
Figura 14.	Huevos en torpedo	55
Figura 15.	Huevo esférico	56

Figura 16.	Huevos pequeños	56
Figura 17.	Huevo hipercalcificado	57
Figura 18.	Huevos decolorados	58
Figura 19.	Huevos con pecas	58
Figura 20.	Huevos sucios por heces	59
Figura 21.	Huevos sucios por sangre	59
Figura 22.	Huevos rotos (rotura pequeña)	60
Figura 23.	Huevos rotos (rotura grande)	61
Figura 24.	Huevos picoteados	62
Figura 25.	Programa de iluminación para ponedoras en naves cerradas	77
Figura 26.	Esquema del modelo de jaula MEC de Zucami	83
Figura 27.	Clasificadora MOBA modelo Omnia XF 170	86
Figura 28.	Equipo MOBA Crack Detection	87
Figura 29.	Porcentaje de puesta según la fase del periodo productivo	91
Figura 30.	Porcentaje de mortalidad según la fase del periodo productivo	92

Figura 31.	Porcentaje de tamaño del huevo según la fase del periodo productivo	93
Figura 32.	Porcentaje de huevos sucios según la fase del periodo productivo	94
Figura 33.	Porcentaje de huevos rotos según la fase del periodo productivo	95
Figura 34.	Porcentaje de huevos fisurados según la fase del periodo productivo	96
Figura 35.	Consumo de pienso según la fase del periodo productivo	97
Figura 36.	Porcentaje de huevos XL según el tamaño de grupo	99
Figura 37.	Porcentaje de huevos M según el tamaño de grupo	100
Figura 38.	Porcentaje de huevos rotos según el tamaño de grupo	101
Figura 39.	Porcentaje de huevos fisurados según el tamaño de grupo	102
Figura 40.	Consumo de pienso según el tamaño de grupo	103

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

€: euro

µm: micrómetros

Ca: Calcio

Cl: cloro

cm: centímetro

CONSUM: consumo de alimento

EM: Energía metabolizable

FB: fibra bruta

FIS: número de huevos fisurados

FSH: hormona foliculoestimulante

g: gramo

GB: grasa bruta

GnRH: hormona liberadora de gonadotropina

ha: hectárea

HT: número de huevos totales

kcal: Kilocaloría

kg: kilo

L: número de huevos clasificados L

LH: hormona luteinizante

m: metro

M: número de huevos clasificados M

mm: milímetros

MORT: mortalidad

P: fósforo

PB: proteína bruta

ROT: número de huevos rotos

S: número de huevos clasificados S

Se: selenio

SUC: número de huevos sucios

XL: número de huevos clasificados XL

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 EL SECTOR DEL HUEVO

El huevo de gallina (*Gallus gallus*) es un alimento considerado básico para el ser humano, y su consumo se da de forma global en todo el mundo en la actualidad, por su contenido nutricional y por no haber restricciones religiosas para su consumo. El proceso de domesticación de la gallina comenzó hace unos diez mil años en zonas de Asia, según lo acreditan estudios de huesos fósiles en China (Alcalde, 2007). De las cuatro especies reconocidas que componen el género *Gallus* (*G. gallus*, *G. sonneratii*, *G. varius* y *G. lafayettii*), la especie *Gallus gallus*, conocida por gallo Bankiva, es la más cercana genéticamente a la gallina doméstica actual (*Gallus gallus domesticus*). El flujo comercial desde la antigüedad con Asia facilitó la extensión de la gallina por el resto de los continentes (Alcalde, 2007).

### 1.1.1 Producción a nivel mundial

La producción de huevos a nivel mundial ha experimentado un importante incremento en la última década. Los datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO, recogen una producción de 62,92 millones de toneladas en 2009, frente a 86,67 millones de toneladas en 2020, lo que representa un aumento del 38,15% en ese periodo (FAO, 2020). Por países la producción está liderada por China, con 30,24 millones de toneladas, seguida por la Unión Europea con 6,92 millones de toneladas, con una gran importancia del Sudeste asiático en la producción mundial.

La producción de huevos está dominada por Asia, con más del 61% de la producción, motivado porque es el continente con mayor censo avícola, como se refleja en la Tabla 1.

**Tabla 1.** *Producción de huevos (toneladas) por continente (2020).*

*Adaptado de FAO, 2020*

<b>CONTINENTE</b>	<b>TONELADAS PRODUCIDAS</b>	<b>% DEL TOTAL MUNDIAL</b>
<b>ASIA</b>	54.106.541	62,43
<b>AMÉRICA</b>	17.595.688	20,30
<b>EUROPA</b>	11.086.447	12,79
<b>ÁFRICA</b>	3.548.948	4,09
<b>OCEANÍA</b>	331.894	0,38
<b>TOTAL</b>	86.669.518	
<b>MUNDIAL</b>		

### 1.1.2 Producción a nivel europeo

Europa, en conjunto, es la segunda productora de huevos, por detrás de China, que produce el 34,6 % de los huevos a nivel mundial (Tabla 2).

**Tabla 2.** *Producción de huevos (toneladas) en los principales países productores (2020). Adaptado de FAO, 2020*

<b>PAÍS</b>	<b>TONELADAS DE HUEVOS</b>	<b>%</b>
<b>CHINA</b>	30.218.082	34,87
<b>EUROPA</b>	11.086.447	12,79
<b>EEUU</b>	6.607.722	7,62
<b>INDIA</b>	6.292.000	7,26
<b>INDONESIA</b>	5.044.395	5,82
<b>BRASIL</b>	3.260.589	3,76
<b>JAPÓN</b>	2.632.882	3,04
<b>RUSIA*</b>	2.492.190	2,88
<b>TURQUÍA</b>	1.236.754	1,43
<b>RESTO</b>	17.798.457	20,54
<b>MUNDO</b>	86.669.518	

(\*) Datos no oficiales

La producción europea está encabezada por Francia y Alemania, siendo España el tercer país productor (Tabla 3, MAPA, 2021).

**Tabla 3.** *Producción de huevos en Europa (en miles de toneladas)*

<b>PRODUCCIÓN TOTAL DE HUEVOS UE (miles de toneladas)</b>		
<b>PAISES</b>	<b>AÑO 2021</b>	<b>%</b>
<b>FRANCIA</b>	1.046	14,83
<b>ALEMANIA</b>	977	13,85
<b>ESPAÑA</b>	870	12,33
<b>ITALIA</b>	806	11,43
<b>HOLANDA</b>	703	9,97
<b>POLONIA</b>	604	8,56
<b>RUMANIA</b>	370	5,25
<b>BÉLGICA</b>	193	2,74
<b>R. CHECA</b>	179	2,54
<b>SUECIA</b>	168	2,38
<b>HUNGRÍA</b>	140	1,98
<b>AUSTRIA</b>	136	1,93
<b>PORTUGAL</b>	133	1,89
<b>GRECIA</b>	101	1,43
<b>DINAMARCA</b>	100	1,42
<b>BULGARIA</b>	94	1,33
<b>IRLANDA</b>	88	1,25
<b>FINLANDIA</b>	78	1,11
<b>ESLOVAQUIA</b>	71	1,01
<b>CROACIA</b>	69	0,98
<b>LITUANIA</b>	51	0,72
<b>LETONIA</b>	42	0,60
<b>ESLOVENIA</b>	35	0,50

### **1.1.3 Censos según el sistema productivo**

El sector avícola ha estado siempre a la vanguardia de los avances tecnológicos dentro de la ganadería. Esta atención constante a la mejora de las instalaciones, manejo, alimentación y sanidad ha llevado al diseño de jaulas e instalaciones con unas características idóneas para la producción de huevos. Desde hace unos años se ha comenzado un proceso, principalmente en los países europeos, encaminado a la explotación de gallinas en sistemas libres de jaulas, como se detallará más adelante. No obstante, a fecha de hoy, la gran mayoría de los huevos que se producen en el mundo lo son en sistemas de jaulas, por su eficacia productiva y rentabilidad económica. En la Tabla 4 se recoge el porcentaje de cada sistema productivo en los principales países productores de huevo en el mundo (Schuck et al., 2021), observándose que, en la mayoría de los países europeos, el porcentaje de gallinas alojadas en jaula es muy superior al de gallinas alojadas en sistemas libres de jaulas.

**Tabla 4.** Porcentaje de gallinas de puesta según el sistema productivo (jaula, suelo, campera, ecológica) en los principales países productores de huevo del mundo (2020)

PAÍS	% JAULA	% SUELO	% CAMPERAS	% ECOLÓGICAS	CENSO (x miles)
CHINA	97	--	3	--	1.250.000
INDIA	100	--	--	--	402.976
EEUU	76,4	17,8	--	5,8	404.190
MÉXICO	99,5	0,5	--	--	212.387
RUSIA	99,9	0,1	--	--	196.906
BRASIL	95	2,5	2,5	--	166.528
TURQUÍA	88	3	8	1	141.276
JAPÓN	94,6	4,5	0,9	--	139.036
ALEMANIA	6,7	62,7	19,1	11,5	46.900
MARRUECOS	100	--	--	--	45.000
ESPAÑA	77	13	9	1	43.560
POLONIA	88,3	9,1	2,4	0,2	43.000
FRANCIA	61	8	21	10	41.000
REINO UNIDO	44,2	1,4	51,9	2,5	41.000
ITALIA	54,5	31,3	4,6	5,6	38.900
HOLANDA	11	61	20	8	32.032
CANADA	87	9	1	3	26.582

En la Unión Europea existe una tendencia dirigida a cambiar el sistema de producción de huevos en jaula por el uso de sistemas alternativos, libres de jaulas. Este cambio lo encabeza Alemania, como potencia productora de huevos, pero la gran mayoría de países siguen manteniendo un alto porcentaje de gallinas alojadas en jaulas, como se ve en la Tabla 5 (MAPA, 2021).

**Tabla 5. Censos gallinas ponedoras por sistema de cría en la UE 2021**

	<b>% JAULA/TOTAL</b>	<b>JAULA</b>	<b>PRODUCCIÓN ALTERNATIVA</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Malta</b>	99,4	358.452	2.133	360.585
<b>Estonia</b>	87,7	739.588	103.899	843.487
<b>Lituania</b>	79,6	2.331.261	595.630	2.926.891
<b>Grecia</b>	76,5	3.557.970	1.085.644	3.533.598
<b>Polonia</b>	76,2	39.054.862	12.186.163	51.241.025
<b>Eslovaquia</b>	75,3	2.354.022	772.045	3.126.067
<b>Portugal</b>	75,1	7.668.641	2.559.571	10.228.212
<b>España</b>	73,3	34.481.175	12.588.061	47.069.236
<b>Hungría</b>	71,2	5.371.100	2.177.645	7.548.745
<b>Bulgaria</b>	70,1	3.569.076	1.521.604	5.090.680
<b>Letonia</b>	69,3	2.447.954	1.085.644	3.255.160
<b>Chipre</b>	67,8	350.044	166.417	516.461
<b>Croacia</b>	62,1	1.471.744	897.732	2.369.476
<b>R. Checa</b>	61,1	4.642.638	2.828.907	7.471.545
<b>Rumanía</b>	57,3	5.131.885	3.822.434	8.954.319
<b>Francia</b>	54,1	26.093.047	22.162.662	48.255.709
<b>Irlanda</b>	48,5	1.881.394	1.998.770	3.880.164
<b>Finlandia</b>	44,5	2.306.435	2.765.487	5.071.922
<b>Bélgica</b>	36,2	3.919.063	6.895.274	10.814.337
<b>Italia</b>	35,6	14.434.936	26.084.471	40.519.407
<b>Eslovenia</b>	17,2	248.570	1.200.490	1.449.060
<b>Dinamarca</b>	9,9	428.940	3.902.468	4.331.408
<b>Holanda</b>	7,8	2.460.285	29.023.108	31.483.393
<b>Alemania</b>	5,5	3.193.601	54.871.146	58.064.747
<b>Suecia</b>	3,7	324.040	8.331.157	8.655.197
<b>Austria</b>	0	0	7.406.040	7.406.040
<b>EUR 2020</b>	44,9	168.820.723	207.175.083	375.995.806

#### **1.1.4 Producción en España**

En España el 77,6 % del censo de gallinas ponedoras se aloja en jaulas, pero se constata un aumento paulatino de gallinas alojadas en sistemas alternativos. Esta variación en el tipo de alojamiento se ha intensificado en los

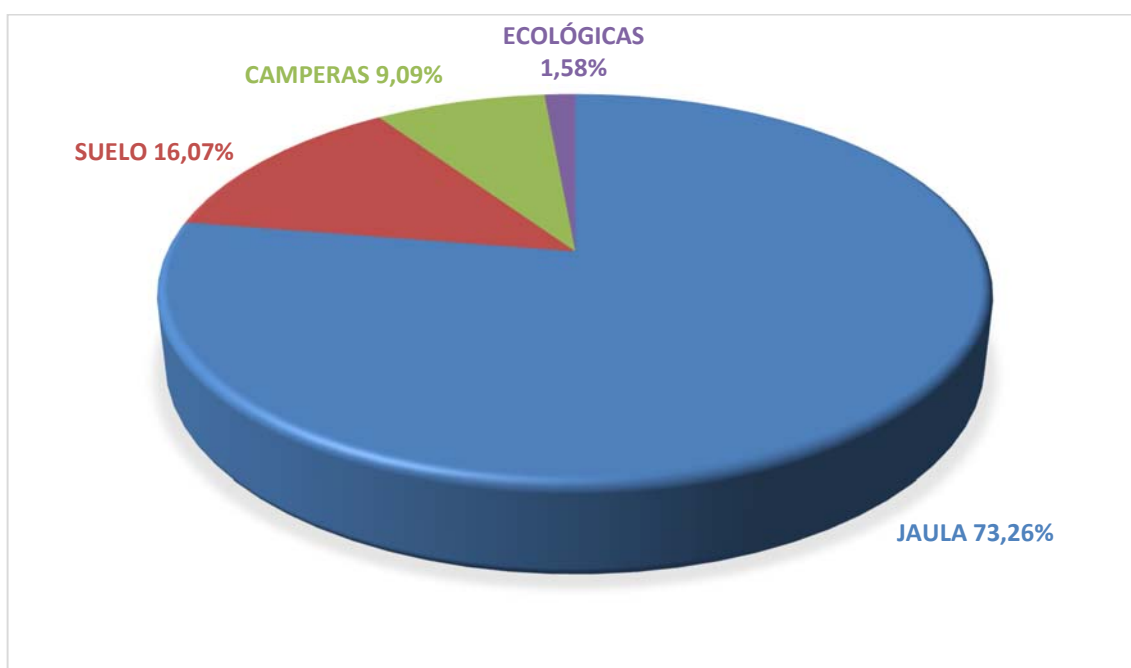
últimos seis años, como se puede apreciar en la Tabla 6. Desde el año 2010 al año 2021 el censo de gallinas alojadas en sistemas libres de jaulas ha pasado de representar un 5,1 % del censo a ser el 26,7 % del mismo. En el año 2021 ese porcentaje se desglosaba en 16,07 % para gallinas alojadas en suelo, 9,09 % para gallinas tipo campero y 1,57 % para gallinas criadas siguiendo las normas del sistema ecológico (MAPA, 2021).

**Tabla 6.** *Evolución de censos medios de gallinas ponedoras por sistema de cría en España según notificación REGA (2010-2021)*

<b>AÑO</b>	<b>Jaula</b>	<b>En suelo</b>	<b>Campera</b>	<b>Ecológica</b>	<b>Total</b>	<b>% alternativos</b>
<b>2010</b>	44.225.696	1.465.696	860.532	39.924	46.591.848	5,1
<b>2011</b>	36.612.779	1.012.659	713.232	81.557	38.420.227	4,7
<b>2012</b>	34.067.576	2.827.493	1.325.564	129.851	38.350.484	11,2
<b>2013</b>	35.686.441	953.714	1.640.509	128.116	38.408.780	7,1
<b>2014</b>	36.520.344	932.104	1.576.707	152.458	39.181.613	6,8
<b>2015</b>	37.845.702	1.169.228	2.082.180	168.788	41.265.898	8,3
<b>2016</b>	40.534.923	1.053.315	1.756.462	267.276	43.611.979	7,1
<b>2017</b>	41.046.685	2.822.867	2.531.860	331.505	46.732.917	12,2
<b>2018</b>	35.886.198	4.102.176	3.203.186	391.796	43.583.356	17,7
<b>2019</b>	35.154.063	5.834.143	4.187.235	625.498	45.800.939	23,2
<b>2020</b>	36.559.189	6.128.376	3.764.561	677.844	47.129.970	22,4
<b>2021</b>	34.481.175	7.565.024	4.281.605	741.432	47.069.239	26,7
<b>%SOBRE TOTAL</b>	73,26	16,07	9,09	1,58		

Los censos en 2021 por sistemas de cría, recogidos en la Figura 1 (MAPA, 2021), han seguido la evolución marcada por las demandas de la opinión pública, y han sufrido variaciones respecto al año 2020, centradas principalmente en el aumento del número de aves alojadas en sistemas libres de jaulas. El censo de gallinas alojadas en jaula se ha reducido en un 5,68%, y han aumentado los censos en los sistemas alternativos, siendo el mayor incremento registrado en el censo en las gallinas en suelo en un +23,44%, mientras que el censo de camperas y de gallinas en cría ecológica han aumentado un 13,7% y un 9,8% respectivamente.

**Figura 1.** *Porcentaje de gallinas por sistema de cría en España (2021)*

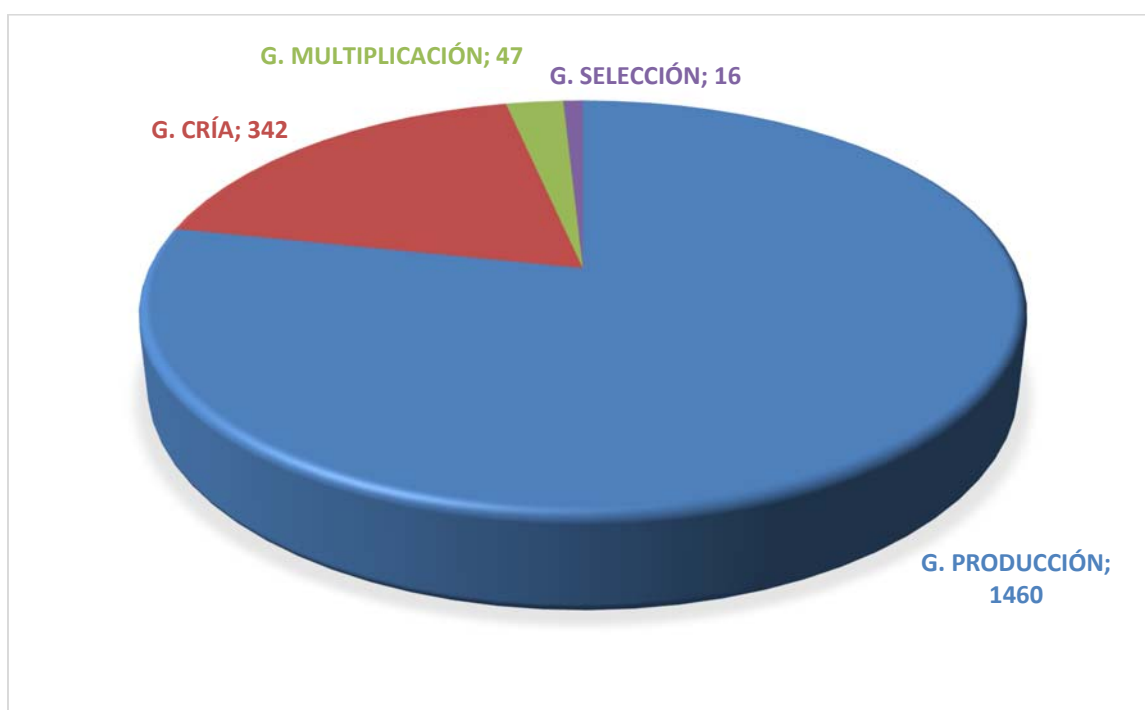


Con los últimos datos publicados en junio de 2022 por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, sobre datos del REGA actualizados a enero de 2022, el número de granjas de gallinas de puesta asciende a 1.865, como se

refleja en la Figura 2, distribuidas en 16 granjas de selección, 47 granjas de multiplicación, 342 granjas de cría y 1.460 granjas de producción de huevos (Figura 3).

A nivel de los individuos empleados en reproducción hay una gran dependencia externa, por la procedencia de las aves bisabuelas, mayoritariamente de empresas de genética originarias de Estados Unidos.

**Figura 2.** Número de granjas según tipo en España (2022)



### 1.1.5 Censo de gallinas por comunidades autónomas

El censo de gallinas está repartido de forma desigual por todo el territorio español. Así las comunidades autónomas con mayor número de granjas de producción de huevos son: Cataluña, Andalucía, Canarias, Castilla y León y

Castilla la Mancha, sobrepasando las 100 explotaciones en cada una de estas comunidades autónomas (MAPA, 2021). Estos datos se recogen en la Tabla 7.

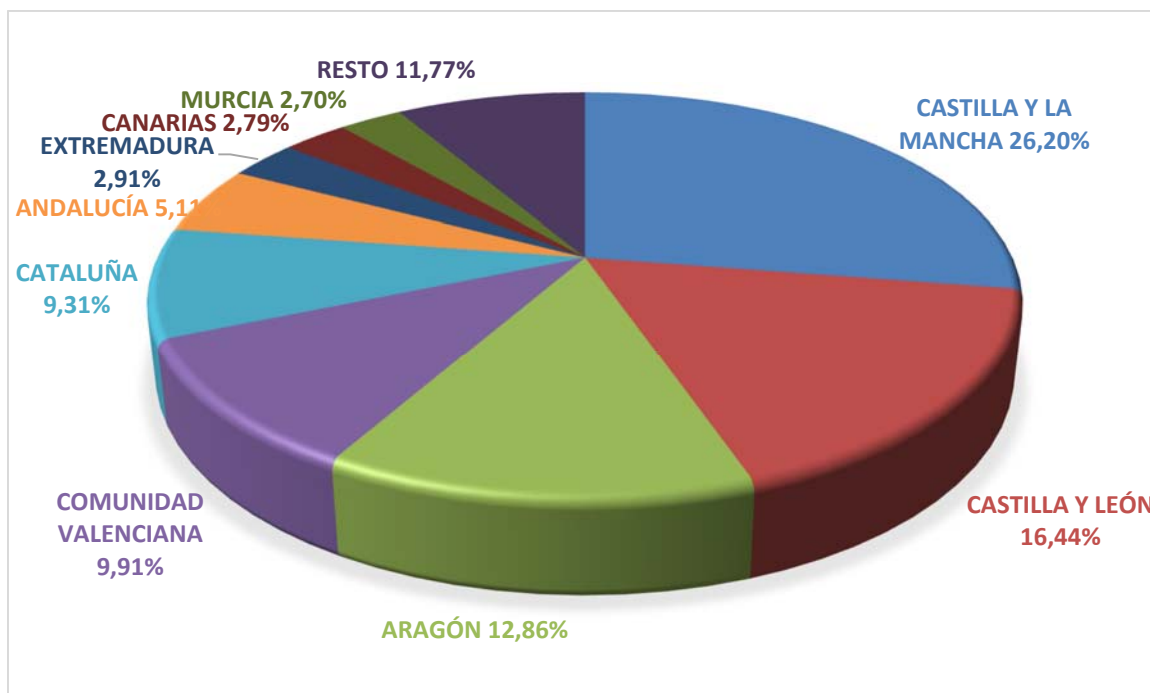
**Tabla 7.** *Censo de granjas de producción por comunidad autónoma*

<b>COMUNIDAD AUTÓNOMA</b>	<b>Nº GRANJAS DE PRODUCCIÓN</b>
<b>Cataluña</b>	286
<b>Andalucía</b>	176
<b>Canarias</b>	164
<b>Castilla y León</b>	147
<b>Castilla La Mancha</b>	115
<b>País Vasco</b>	96
<b>Galicia</b>	87
<b>Comunidad Valenciana</b>	77
<b>Aragón</b>	67
<b>Extremadura</b>	55
<b>Comunidad F. Navarra</b>	39
<b>Madrid</b>	36
<b>Islas Baleares</b>	32
<b>Cantabria</b>	26
<b>Región de Murcia</b>	24
<b>Principado de Asturias</b>	19
<b>La Rioja</b>	13
<b>Ceuta</b>	1
<b>ESPAÑA</b>	1.460

Según los últimos datos publicados en 2022 por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, la Comunidad Valenciana ocupa la cuarta posición en el censo de gallinas ponedoras con 4.825.000 aves, un 9,91 % del

total del censo español, por debajo de Castilla La Mancha (26,20 %), Castilla y León (16,44 %) y Aragón (12,89 %), como se puede ver en la Figura 3.

**Figura 3.** Distribución del censo de gallinas ponedoras por comunidades autónomas (2021)



### 1.1.6 Consumo de huevos

En España la producción de huevos representa el 5,30% del Producto Final Ganadero (PFG), con una producción de 918.325 toneladas de huevos.

La población española valora a la hora de comprar huevos factores como la frescura, el tamaño y precio, seguidos del sistema de producción (INPROVO, 2018).

El efecto de la pandemia en 2020 provocó un aumento de consumo de un 46% más de huevos durante el trimestre marzo, abril y mayo respecto al año 2019. Una vez normalizada la situación creada por la pandemia, el consumo de

huevos en los hogares españoles durante el periodo de diciembre de 2020 y noviembre de 2021 disminuyó un 8,2% respecto al mismo periodo anterior, pero los niveles de consumo de huevos se mantienen un 6,2% por encima de los años previos a la pandemia, con un consumo en los hogares de 407,9 millones de kilos, frente a los 384,2 de 2019. Centrado en el gasto en los hogares, se destinaron a la compra de huevos desde enero de 2021 hasta noviembre del mismo año 987 millones de euros, un 5,5% menos que en 2020, pero marcó un aumento del 14% respecto a 2019, lo cual representa el 1,32% del valor total que los hogares españoles destinan a la alimentación.

**Tabla 8.** *Evolución del consumo per cápita de huevos en España 2019 – 2020 (en unidades) (MAPA, 2021)*

<b>CONSUMO DE HUEVOS</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>
<b>TOTAL HUEVOS</b>	155,04	139,97
<b>TOTAL HUEVOS DE GALLINA</b>	151,43	135,97

### **1.1.7 Precio del huevo según peso**

Según el Reglamento (CE) nº 589/2008, los huevos para consumo se clasifican según su peso:

XL, muy grandes: peso  $\geq$  73 gramos;

L, grandes: peso  $\geq$  63 gramos y  $<$  73 gramos;

M, medianos: peso  $\geq$  53 gramos y  $<$  63 gramos;

S, pequeños: peso <53 gramos.

Esta clasificación condiciona también el precio en el mercado de cada tipo, ya que el tamaño y peso del huevo es uno de los parámetros que el consumidor considera importantes a la hora de ejercer su decisión de compra. Tomando como referencia en España los precios establecidos en la Lonja Agropecuaria de Lérida, Llotja de Bellpuig, para la semana 38/2022, entre el 19 y el 25 de septiembre de 2022, los precios por docena al productor fueron los siguientes (huevos de gallinas en jaula): los huevos categorizados XL tuvieron un precio por docena de 2,09 €, los huevos L de 1,70 €, los huevos de categoría M de 1,48 € y los huevos de menor peso de la categoría L de 1,20 €.

## **1.2 LA GALLINA PONEDORA**

### **1.2.1 Características de la gallina de puesta**

De acuerdo con la definición en el Real Decreto 3/2002 las gallinas ponedoras son las gallinas de la especie «*Gallus gallus*» que hayan alcanzado la madurez para la puesta de huevos y son criadas para la producción de huevos destinados al consumo humano, no a la incubación. Las gallinas ponedoras han sido seleccionadas para expresar su capacidad genética para producir un elevado número de huevos, con un buen tamaño promedio y pueden alcanzar un peso comercial del huevo precozmente en el período de puesta.

### 1.2.2 Razas de gallinas de puesta

Las razas de gallinas que se explotan en la actualidad tienen un origen genético común. Estas aves son descendientes del gallo rojo de Tailandia, *Gallus gallus bankiva*, que comenzó a ser domesticado hace unos 10.000 años en el sudeste asiático. Las migraciones indoeuropeas las introdujeron en Europa, siendo los romanos los que dedicaron a su cría conceptos de explotación ganadera, como recoge Lucio Columela (siglo I a.d.C.) en su tratado *De Re Rustica*, compuesto de 12 volúmenes con detalladas explicaciones sobre la crianza, alimentación, producción y sanidad de los animales. En su Libro VIII trata de la avicultura, las razas de gallinas, el cuidado y mantenimiento de las de corral, construcción de gallineros, la alimentación y cuidado de los huevos. (Martínez, 2015). Los árabes establecidos en España profundizaron en esos conocimientos y extendieron su cría por todo el territorio.

Dentro de la clase *Aves* existen tres órdenes, que abarcan a todas las aves domésticas: *Anseriformes* (patos y gansos), *Galliformes* (pollos, pavos, faisanes) y *Columbiformes* (palomas).

Los tipos aviares se pueden clasificar por sus aptitudes (Sotillo y Serrano, 1985):

-Tipo de puesta (tipo mediterráneo): animales eumétricos, rectilíneos y mediolíneos, de cuellos largo, línea de silla plana e inclinada de arriba abajo y de delante a atrás, cuerpo rectangular, abdomen voluminoso y extremidades largas de tarsos finos. Puesta de huevos blancos.

-Tipo mixto (carne – huevos): animales subhipermétricos, concavilíneos y subbrevilíneos, de cuerpos más voluminosos, robustos, pechuga carnosa, muslos voluminosos y patas cortas y anchas. Puesta de huevos de cáscara oscura.

-Tipo gigante (tipo asiático): ultrahipermétricos, convexos, brevilíneos, tarsos anchos cubiertos de plumas.

-Tipo de pelea: subhipermétricas, cóncavas, ultralongilíneas, altos de extremidades con tarsos muy largos, gran dimorfismo sexual.

-Tipo ornamentales: aves con vistoso plumaje, generalmente con un gran moño y cola muy larga.

En la producción avícola actual se considera la estirpe como el conjunto de animales de la misma raza y variedad que se reproducen, generación tras generación, sin ninguna aportación externa y con un número de individuos lo suficientemente grande como para que la consanguinidad no sea muy elevada, existiendo cierta uniformidad en los aspectos productivo y morfológico. En ellas se ha seleccionado genéticamente para destacar las características productivas: tamaño del ave, número de huevos puestos por ciclo, color del huevo, tamaño del huevo, índice de transformación, rusticidad, etc (Buxadé, 1995).

Las estirpes actuales son resultado de cruces y mejora genética desde los años 40 del pasado siglo, principalmente en Estados Unidos. Las razas

empleadas en este intenso trabajo genético han sido, principalmente, Leghorn, Rhode Island, Plymouth Rock, Cornish, New Hampshire.

Se consideran tres tipos de gallinas para producción:

-Estirpes pesadas: se dedican a la producción de pollos para carne. Se trata de aves de altura mediana, con una posición del tronco inclinada y una constitución ancha. Estas aves tienen una apariencia robusta, con muslos fuertes y bien desarrollados muscularmente, el pecho es muy ancho y con los músculos pectorales (pechuga) muy definidos. Los tarsos son muy fuertes. El peso a las 56 semanas es de 3.850 g en las hembras y de 4.894 g en los machos (Atienza, 1995).

-Estirpes semipesadas: producción de huevos morenos. Se trata de gallinas con muy buena capacidad de puesta. Son las más empleadas en la producción de huevos en España. El objetivo de crecimiento a las 18 semanas es de 1.440 – 1.480 g en las hembras y de 1.980 – 2.200 en los machos. Para el final de su vida productiva el peso objetivo es de 1.850 – 1.970 g para las gallinas y de 2.750 – 3.000 g para los gallos. (Lera, 2010a).

-Estirpes ligeras: producción de huevos blancos. Son aves de menor tamaño, procedentes de la raza Leghorn (la original Livorno italiana) (Castelló, 2010a). El objetivo de peso a las 18 semanas es de 1.200 – 1.300 g para las hembras y de 1.480 – 1.590 g para los machos, mientras que para una edad de 70 semanas se considera deseable alcanzar un peso de 1.500 – 1.800 g para las gallinas y de 2.120 – 2.400 g para los gallos (Lera, 2010a).

## **1.3 AVICULTURA DE PUESTA. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN**

En la actualidad se consideran cuatro tipos de sistemas de producción: ponedoras en jaulas, ponedoras en suelo o aviario, gallinas camperas y gallinas de producción ecológica.

La evolución de los censos de gallinas en cada sistema productivo en España tiene un marcado componente al alza en el porcentaje de gallinas alojadas en sistemas alternativos a las jaulas. Así se produce un aumento desde el 4,8 % en gallinas en estos sistemas libres de jaulas en 2009 hasta el 22,4 % de los datos del año 2020. No obstante, la producción de gallinas en jaula sigue siendo el sistema predominante en nuestro país, con un 73,26 % (MAPA, 2021)

### **1.3.1 Sistema de producción en jaula**

La explotación de gallinas ponedoras en jaula debe cumplir lo marcado por el Real Decreto 3/2002, de 11 de enero, que dispone que las jaulas para las gallinas deberán cumplir las condiciones siguientes: las gallinas tendrán, al menos, 750 centímetros cuadrados de superficie de la jaula por gallina, 600 centímetros cuadrados de ellos de superficie utilizable, con una altura mínima de la jaula de 45 centímetros en cualquier punto y la superficie total de la jaula no podrá ser inferior a 2.000 centímetros cuadrados. La inclinación de la jaula debe ser inferior al 14%, para facilitar el bienestar de las aves. Dispondrán de un nido donde la gallina pueda poner los huevos, en un área separada en la jaula, sin ser molestadas por las otras gallinas. El nido estará equipado con separaciones

blandas que no deben alcanzar el suelo, y será considerado apto si cubre las necesidades de comportamiento reproductivo de la gallina y los objetivos marcados en la normativa. El suelo del nido no puede ser de alambre y debe ser posible su vigilancia de forma fácil y eficaz. Las gallinas tendrán acceso a yacija de material fácilmente desmenuzable, que permita picotear y escarbar, que debe mantenerse seca y en buenas condiciones de limpieza. Cada jaula dispondrá de un sistema que permita el limado de las uñas por parte de las gallinas. Para garantizar el descanso de las gallinas, cada jaula dispondrá de aseladeros para que las gallinas se posen y descansen. Deben ser estructuras tridimensionales que ofrezcan como mínimo un espacio de 15 centímetros lineales por gallina. Las aves tendrán acceso a un comedero que pueda ser utilizado sin restricciones, con una longitud mínima de 12 centímetros por gallina. El acceso al agua es fundamental, por lo que cada jaula deberá disponer de bebederos apropiados, teniendo en cuenta, especialmente, el tamaño del grupo, ya que cada gallina debe poder acceder a dos puntos de agua. Para facilitar la inspección, la instalación y la retirada de animales, las hileras de jaulas deberán estar separadas por pasillos de 90 centímetros de ancho como mínimo, y deberá haber un espacio de al menos 35 centímetros entre el suelo del establecimiento y las jaulas de las hileras inferiores.

Existen diferentes condicionantes a tener en cuenta que pueden limitar la expresión de los rendimientos productivos, el bienestar y comportamiento de la gallina y la calidad del huevo. Así, en un estudio realizado por Carmichael et al. (1999) sobre 3.000 gallinas, observaron que las gallinas pasan la mayor parte de su tiempo en los aseladeros (47%) y el suelo de rejilla (7%), destinando un 9%

de su tiempo en la puesta en los nidales. Por su parte Widowski et al. (2017) analizaron las condiciones de 1.218 aves y determinaron que la correcta definición del tamaño del grupo alojado es importante, porque el bienestar puede verse comprometido si el grupo es muy reducido. Referente al diseño óptimo de las jaulas, Abrahamsson y Tauson, (1997) realizaron un experimento con 1.584 gallinas, concluyendo que el buen diseño de la jaula es necesario para minimizar la cantidad de huevos rotos o sucios.

### **1.3.2 Sistema de producción en suelo o aviario**

Según define el Real decreto 3/2002 se diferencian dos tipos de instalaciones para producir huevos en suelo:

1) Aviario: las zonas de estancia de las aves se disponen en varios pisos o alturas, permitiendo una mayor densidad de aves que en el sistema de alojamiento en suelo en planta única. Mantendrá el límite de 9 gallinas/m<sup>2</sup> de superficie útil. El número de niveles entre los que las aves se deben poder mover libremente se limita a 4 y la altura entre los distintos niveles debe ser de al menos 45 cm En cualquier caso, se debe impedir la caída de excrementos desde los niveles superiores sobre los niveles inferiores.

2) Planta única: No hay estructuras en altura y las aves se alojan en naves con dos zonas: una de cama o yacija que debe comprender al menos un tercio de la superficie, y otra de rejilla, zona en la que se deberán instalar la mayor parte de los equipamientos que necesiten las gallinas.

Para la producción de huevos en el sistema de suelo las instalaciones deben disponer como mínimo de las siguientes condiciones en las instalaciones: al alojarse libres de jaulas la densidad máxima autorizada es de 9 gallinas / m<sup>2</sup> de superficie útil, excluyendo el nidal. En este sistema al menos un tercio de la superficie del suelo de la nave debe estar cubierto de yacija, con una superficie mínima de 250 cm<sup>2</sup>/ ave. La alimentación se les proporcionará con comederos longitudinales que ofrezcan como mínimo 10 cm por ave, o bien comederos circulares que ofrezcan como mínimo 4 cm de longitud por ave. Para el suministro de agua se deberá contar con bebederos continuos que ofrezcan 2,5 cm de longitud por gallina, o bien, circulares que ofrezcan 1 cm de longitud por gallina. Si son de tetina o cazoleta se deben instalar al menos uno por cada 10 gallinas. En todos los casos el suministro debe ser continuo y sin restricciones. Para realizar la puesta se dispondrá de nidales en la nave, en número de al menos uno por cada 7 gallinas si son nidos individuales. Si los nidos son colectivos debe estar prevista una superficie de al menos 1 m<sup>2</sup> para cada 120 gallinas. Los aseladeros revisten una gran importancia en el reposo y descanso de las aves, por lo que deberán disponer de 15 cm por gallina, no estando instalados sobre la zona de yacija, y con una estructura adaptada a la forma de descanso de las gallinas. La distancia horizontal entre cada aseladero debe ser de 30 cm y entre el aseladero y la pared de 20 cm como mínimo.

### **1.3.3 Sistema de producción de gallinas camperas**

Las gallinas camperas se alojan de forma similar a las gallinas en suelo, tal y como recoge el Real decreto 3/2002, con la particularidad de que deben

tener acceso a parques en el exterior. Por ello, deben cumplirse las normas indicadas para las gallinas en suelo o aviario y unas condiciones específicas a la parte exterior de las naves. Las gallinas deben tener acceso a parques durante todo el día, para lo que se construirán trampillas de salida al espacio exterior con unas medidas mínimas de 35 cm de altura y 40 cm de anchura, distribuidas por toda la longitud de la nave, y que ofrezcan una apertura total de 2 m de trampillas por cada 1000 gallinas. Los espacios o parques exteriores deben tener una superficie de, al menos, 4 m<sup>2</sup>/gallina o 2.500 gallinas/ha, debiendo disponer de refugios contra la intemperie y los predadores y, en su caso, de bebederos adecuados. Estos parques deben estar cubiertos de vegetación en su mayor parte y sin usos de cultivo, excepto frutales, terrenos forestales o pastos para el ganado. La distancia máxima desde el extremo del parque hasta la nave no debe ser superior a 150 metros, pero puede ampliarse a 350 metros distribuyendo homogéneamente refugios para las aves a razón de cuatro refugios por hectárea.

#### **1.3.4 Sistemas de producción de gallinas ecológicas**

Las granjas de producción ecológica están reguladas por lo establecido en el Reglamento 834/2007 del Consejo sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos, con respecto a la producción ecológica, su etiquetado y su control y el Reglamento 889/2008 que desarrolla las disposiciones para su aplicación. La producción ecológica se realiza en instalaciones para gallinas alojadas en sistema de suelo con acceso a parques y requiere de unas condiciones específicas más restrictivas, con una densidad máxima en la parte de nave de 6 gallinas/m<sup>2</sup>, se ofrecerán 18 cm de aseladero por ave, dispondrán

de un nido para cada siete gallinas o, si disponen de un nido común, 120 cm<sup>2</sup> por ave, y con un número máximo de 3.000 gallinas por gallinero. El parque exterior debe tener una superficie mínima de 4 m<sup>2</sup>/gallina en rotación o 2.500 gallinas/ha. La carga ganadera total deberá ser tal que no se rebase el límite de 170 kilogramos de nitrógeno anuales por hectárea de superficie agrícola. Una particularidad importante es que el terreno donde se ubique el parque deberá estar declarado en producción ecológica. La alimentación deberá estar certificada como de origen ecológico. El Reglamento (CE) 834/2007 establece que cuando aparezcan enfermedades en las gallinas deberá instaurarse un tratamiento inmediatamente para evitar el sufrimiento de los animales, priorizando los medicamentos fitoterapéuticos u homeopáticos, los oligoelementos y otros productos autorizados, y si el uso de la medicina “natural” no es efectivo se podrán utilizar medicamentos veterinarios alopáticos de síntesis, incluidos los antibióticos. Los productos alopáticos se emplearán bajo condiciones reguladoras estrictas, estableciendo la normativa medidas restrictivas respecto a los tratamientos y al período de espera (doble duración del periodo de espera), realizándose siempre bajo la supervisión de un veterinario. No está permitido el uso de medicamentos alopáticos de síntesis química o antibióticos como tratamientos preventivos. El Reglamento sí que permite el uso de medicamentos veterinarios inmunológicos (vacunas) y los tratamientos destinados a la protección de la salud humana o animal definidos sobre la base de la legislación vigente. Las explotaciones ecológicas deben cumplir todas las normas sanitarias para el control de enfermedades como la

Salmonella, y aquellas relacionadas con garantizar la seguridad alimentaria y la trazabilidad de los productos destinados al consumo humano.

En la Tabla 9 se muestra una comparativa de la superficie necesaria para cada sistema productivo.

**Tabla 9.** *Densidad de aves según el sistema productivo*

<b>Densidad / ave</b>	<b>Jaula</b>	<b>Suelo</b>	<b>Campera</b>	<b>Ecológica</b>
<b>Nave</b>	750 cm <sup>2</sup>	9 aves / m <sup>2</sup>	9 aves / m <sup>2</sup>	6 aves / m <sup>2</sup>
<b>Parque exterior</b>	---	---	4 m <sup>2</sup> / gallina	6 m <sup>2</sup> / gallina

### **1.3.5 Sistemas alternativos y bienestar animal**

Según la definición de la Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA) un animal se considera que se encuentra en buenas condiciones de bienestar si está sano, cómodo (alojamiento correcto), bien alimentado, en seguridad (no padece sensaciones desagradables como miedo, dolor, desasosiego) y es capaz de expresar comportamientos importantes para su estado de bienestar físico y mental. Mientras que el concepto de bienestar animal se refiere al estado del animal, el tratamiento o manejo que recibe se refiere con otros términos como cuidado de los animales o cría de los animales (OMSA, 2021).

En los sistemas que se proponen como alternativas también existen problemas de bienestar. En la práctica se suelen dar deficiencias higiénicas y

ambientales y en la nutrición y manejo de las aves, lo cual, junto a la mayor incidencia de parasitosis, la posible acción de depredadores, y un mayor riesgo de brotes graves de picaje y canibalismo, determina frecuentemente una mayor mortalidad. (Kjaer y Sørensen, 2002).

Algunas empresas de selección ofrecen estirpes más adaptadas a este tipo de producción, cuyo potencial genético se diferencia poco del de las seleccionadas para su puesta en jaula; sin embargo, con mucha frecuencia se obtienen resultados inferiores a los estándares, sobre todo en gallinas camperas y avicultura ecológica (Hernández, 2010a). En estos sistemas alternativos a las jaulas, a nivel de las condiciones ambientales en las naves, la menor densidad de aves hace más difícil mantener una temperatura adecuada y constante, lo cual, junto al mayor nivel de actividad de las aves, incrementa sus necesidades energéticas y el consumo de pienso. El alojamiento en suelo y el acceso a parques exteriores favorece una incidencia superior de coccidiosis y otras parasitosis intestinales (Cepero y Hernández, 2015), lo que repercute negativamente en los resultados productivos, como se puede observar en la Tabla 10.

**Tabla 10.** *Comparativa de parámetros productivos en distintos sistemas de producción.* (adaptado de Molnár et al., 2018 y Castelló, 2010b)

	<b>Jaulas</b>	<b>Gallinas en suelo</b>	<b>Gallinas camperas</b>	<b>Sistema ecológico</b>
<b>Duración ciclo (días)</b>	389	342	316	346
<b>% Mortalidad</b>	6,2	8,7	9,1	20,3
<b>Nº huevos / ave alojada</b>	332	273	257	245
<b>Índice de Conversión (kg pienso/kg huevo)</b>	2,00	2,48	2,45	2,73
<b>Escandallo de costes (€ / docena)</b>	0,68	0,81	1,13	(sin datos)

Los datos obtenidos del proyecto LayWel (Blokhuis et al., 2007), que evaluó el bienestar de las gallinas ponedoras en diversos sistemas, con especial atención a las jaulas enriquecidas, mostraron que todos los sistemas tienen el potencial de proporcionar un bienestar satisfactorio para las gallinas. Para optimizar este bienestar, en la práctica, se debe trabajar intensamente en varios aspectos, como el manejo, el tamaño del grupo, el uso de medicaciones y vacunaciones, el ambiente de la explotación, la correcta alimentación, el diseño del alojamiento, el manejo en el corte de picos y se deben considerar las diferentes respuestas de los distintos genotipos de las gallinas. Algunas enfermedades parasitarias presentaron una mayor incidencia en naves equipadas con sistemas libres de jaulas, lo que obligó a un mayor gasto de productos medicamentosos y a una mayor actuación veterinaria, lo cual determinó que la mortalidad fuera mayor en gallinas criadas sin jaulas,

principalmente debido a problemas de hipocalcemia, dificultad en la regulación correcta de la ventilación y la temperatura, frecuencia de prolapsos cloacales, problemas de lesiones plantares (pododermatitis), y otras enfermedades. Aunque el picaje con arrancamiento de plumas y el canibalismo pueden ocurrir tanto en naves equipadas con jaulas como en aviarios, el riesgo de sufrir estos problemas se consideró más alto en los sistemas sin jaulas, agravándose en las explotaciones que no realizaban el corte de picos. También al comparar el sistema de jaulas con los sistemas alternativos se constató un aumento de la prevalencia de *Salmonella* spp, de igual forma que, en general, una mayor contaminación bacteriana en la superficie de la cáscara del huevo en los sistemas alternativos (Blokhuis et al., 2007).

Los costes económicos de establecimiento por gallina son mayores para los sistemas alternativos, así como el coste de producción en comparación con el alojamiento en jaula, como se ve en la Tabla 11 (Molnár et al., 2018). Este mayor coste económico se ve condicionado, entre otros factores, por la mayor ingesta de pienso, debida a las mayores necesidades energéticas, lo cual va a provocar unos mayores índices de conversión del pienso en huevos. Los requerimientos en mano de obra son superiores en todos los sistemas alternativos comparados con la cría en jaula. En la producción en jaula la producción total de huevos es mayor y la cantidad de ellos que no se destinan al consumo (rotos, sucios, etc.) es menor en las gallinas alojadas en jaulas (Hernández, 2010a).

El análisis del escándalo de los costes de producción en los distintos sistemas ofrece un coste de 0,68€ por docena en gallinas alojadas en jaulas, frente a unos costes mucho mayores, de 0,81€ en sistemas en suelo y de 1,13€ en gallinas camperas, no disponiendo del dato para gallinas alojadas en sistema ecológico, como se refleja en la Tabla 10 (Castelló, 2010b).

**Tabla 11.** Costes relativos (%) de producción del huevo en diferentes sistemas de cría (tomando como base 100 el sistema en jaula). Adaptado de Molnár (2020)

<b>Tipo de alojamiento</b>	<b>Países Bajos</b> (Dekker et al., 2011)	<b>EEUU</b> (Sumner et al., 2011)	<b>EEUU</b> (Mathews y Sumner, 2011)	<b>Francia</b> (Chenut, 2013)	<b>Hungría</b> (Szöllösi et al., 2019)	<b>UE</b> (Van Horne, 2019)
<b>Jaula</b>	100	100	100	100	100	100
<b>Suelo</b>	115	140	136	113	139	123
<b>Campero</b>	117	--	--	128	--	--
<b>Ecológico</b>	185	--	--	213	--	--

### 1.3.6 Ciclo de puesta y sus fases

El ciclo de puesta en gallinas ponedoras se extiende desde el momento en que esta comienza y se alcanza el 5% de puesta, hasta que el lote se destina a matadero (Hernández, 2010b). Este ciclo se representa con la curva de puesta, que es la representación gráfica del número de huevos producidos por lote, en la que se expresa el valor medio, en porcentaje, de las ovoposiciones de un lote

de gallinas durante el periodo de tiempo marcado (Ortiz-García, 1995). La mortalidad es más baja durante la primera mitad del ciclo y es mayor en la segunda mitad de este, por el desgaste productivo que sufren las aves (Lera, 2010b). Otras causas de la mortalidad, observadas por diversos autores, en las fases finales del ciclo de puesta fueron los trastornos del metabolismo del calcio (51,2%: osteoporosis, osteopenia, osteomalacia, e hipocalcemia), lesiones mecánicas (22%: atrapamiento, fractura, laceración y traumatismo), enfermedad del hígado graso (9,8%) u otras causas: 17%; septicemia, salpingitis, peritonitis de la yema y esplenitis (Widowski et al., 2017).

El ciclo se compone de varias fases. Las gallinas ponedoras, tras la fase de recría, se trasladan a la nave de puesta de dos a tres semanas antes del comienzo de la ovoposición, para que se adapten a las nuevas instalaciones y manejo, en un periodo que Hernández (2010b) denomina de prepuesta, y que considera importante para que las aves alcancen la madurez sexual a la edad adecuada y de forma uniforme, considerando que un lote precoz es aquel que alcanza el 50% de puesta antes de los 140 días de edad.

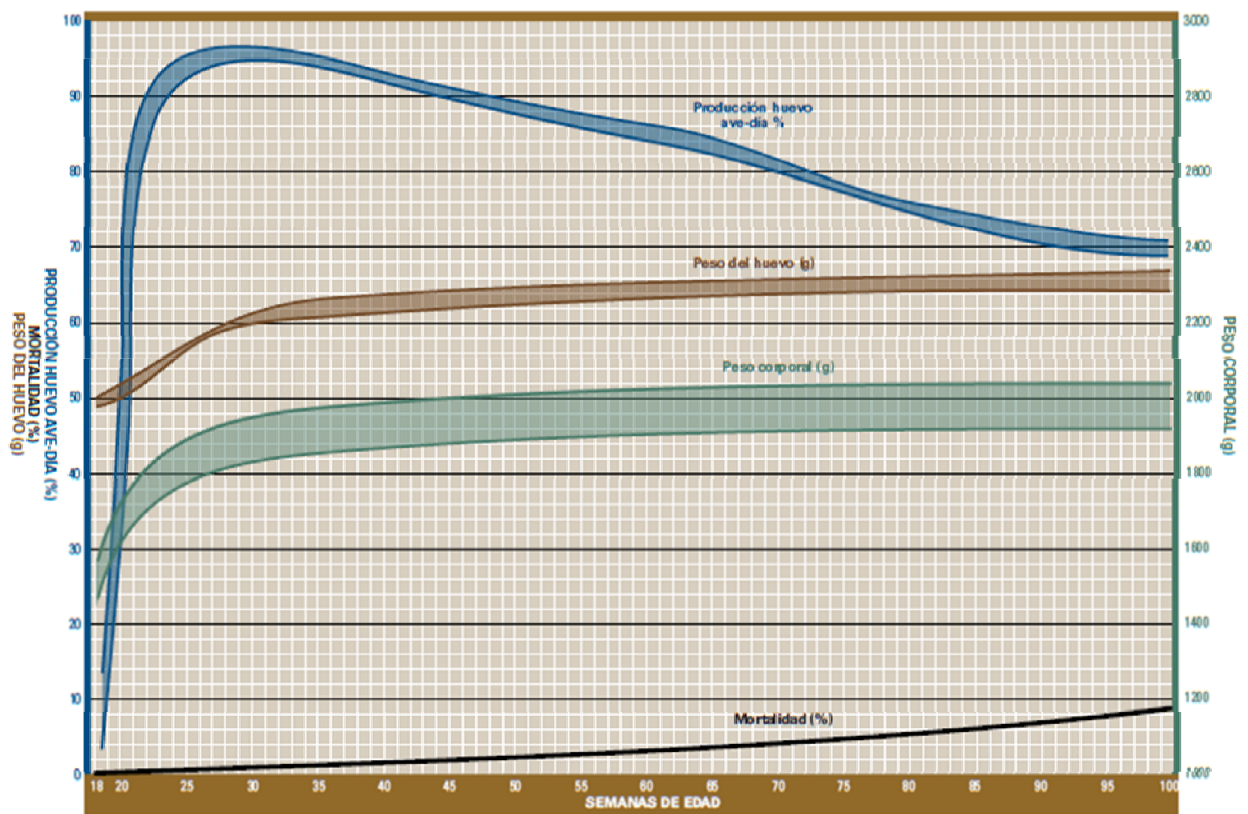
La primera fase que se considera en la curva de puesta es la fase de inicio de puesta, que comienza a partir de la semana en que el lote alcanza el 5% de puesta, momento que se considera la semana 1 del ciclo. Esta fase, en la que el 5% de las gallinas han comenzado sus ovulaciones y por tanto la puesta, comienza a las 19-20 semanas de vida y finaliza alrededor de las 31-40 semanas de edad (Ortiz-García, 1995). Algunos autores (Hernández, 2010b) definen tres periodos en esta fase: un periodo inicial de rápido incremento en el porcentaje

de puesta de la semana 20 a la 26, una fase de pico de puesta en la que se alcanza el 94-96% de puesta, con una duración de las 27 a las 33 semanas de edad y una fase de inicio de meseta en la que la puesta se mantiene en un 90% y que comprendería desde la semana 34 a la semana 40 de vida. Barroeta (2009) delimita la fase de pico de puesta entre las 30 y las 35 semanas de vida, pudiendo variar en función de la estirpe explotada. Cavero (2012) expone que el pico de puesta está condicionado por la uniformidad del lote y por la longitud de las series de puesta, definidas estas como el conjunto de días en los que consecutivamente tiene lugar una oviposición, y es una fase en la que el porcentaje de puesta alcanza su valor máximo y la varianza entre aves es tan pequeña, que no existe margen suficiente para realizar grandes mejoras en esta fase. Las gallinas deben iniciar esta fase con un peso de 1.350 -1.400 g. En este periodo el porcentaje de puesta pasa del 5% al 94-96%, con un rápido incremento, y el peso del ave y el consumo de pienso van creciendo para cubrir las altas necesidades (Hernández, 2010b). La producción de huevos de menor tamaño, S y M, es alta, condicionada por la inmadurez del ave (Gerber, 2005).

A continuación, se encuentra la fase de meseta, con una duración de 6-7 semanas, en las que el porcentaje de puesta se mantiene estable (Órtiz-García, 1995). En esta fase intermedia la gallina finaliza su desarrollo corporal adulto, alcanzando un peso vivo de 1.910 - 2.030 kg, y se produce un incremento del consumo de pienso lo que favorece la producción de huevos de mayor tamaño que en la fase anterior, principalmente de los categorizados L (Órtiz-García, 1995, Guía Hy-Line, 2018).

La fase descendente de puesta se continúa hasta el final productivo del lote y su envío a matadero. Es la fase de mayor duración, con unas 20 semanas, y en ella se produce un descenso paulatino de la puesta, de un 0.5-0.7% semanal (Ortiz-García, 1995; Martines, 2018), y se dan las condiciones para que la producción de huevos XL sea mayor. En la figura 4 se recoge un modelo tipo de curva de puesta para gallinas Hy Line.

**Figura 4.** Gráfica de estándares de rendimiento para ponedoras alojadas en jaula: producción de huevos, peso del huevo, peso corporal del ave y mortalidad. Guía de manejo Hy Line



## **1.4 EL HUEVO: FISIOLOGÍA Y ESTRUCTURA**

El aparato reproductor de la gallina se divide en dos partes diferenciadas: el ovario y el oviducto. Es aquí donde se va a formar el huevo, con la particularidad de que solo el ovario izquierdo es funcional, ya que el derecho no se desarrolla.

### **1.4.1 Desarrollo embrionario del aparato reproductor**

Durante el séptimo día de desarrollo embrionario comienzan a diferenciarse las gónadas primitivas que proceden del mesonefros. En los embriones hembra, empieza a desarrollarse la gónada izquierda, mientras que la gónada derecha sufre un proceso de atrofia. A partir del undécimo día, el oviducto derecho también empieza a degenerarse (Barroeta, 2010). En el momento del nacimiento, el ovario izquierdo ya presenta los folículos y se va desarrollando de forma progresiva, hasta alcanzar un peso de 50 gramos a partir de las 16 semanas de edad. En el periodo de las tres semanas previas a la puesta del primer huevo, cuando llega a la madurez sexual, el aparato reproductor de la gallina alcanza un crecimiento muy rápido a nivel morfológico y funcional. El crecimiento del ovario depende la acción de la LH y la FSH, que inducen la síntesis de las hormonas esteroideas (Huyghebaert, 2006). El crecimiento del oviducto también es un proceso progresivo, alcanzando unos 70 cm de longitud en el periodo en que la gallina se acerca a la madurez sexual. En esta etapa también se produce la unión entre el oviducto y la cloaca. El ovario izquierdo en gallinas adultas pesa 35 gramos aproximadamente, y se localiza en la parte posterior de la cavidad abdominal, cerca del riñón, sujeto por el ligamento

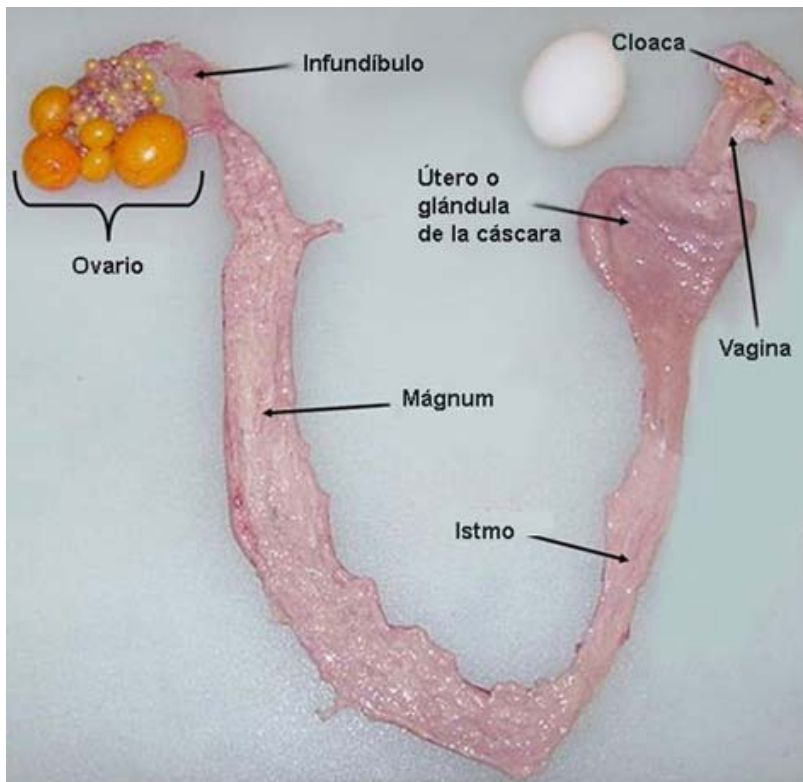
mesoovárico Desde un punto de vista anatómico el ovario de la gallina se caracteriza por tener forma de racimo, debido a la presencia de numerosos folículos, que se encuentran en distinta fase de crecimiento, contiene en total más de 4.000 óvulos microscópicos. De éstos solo un número reducido se desarrollará y formará la yema. Se suelen observar 3 o 4 folículos grandes y una serie de 8 a 12 de tamaño decreciente (Martín, 2019).

Aproximadamente 10 días antes de la ovulación, se produce una fase de crecimiento rápido de la yema dentro del folículo ovárico, pasando de 0,06 g a 18 g de peso, fase denominada vitelogénesis. En ella se incorporan sucesivas capas de vitelo (yema) en una disposición concéntrica. Cuando el folículo alcanza la madurez se produce la ovulación y la liberación de la yema, que será recibida en el oviducto. El ovario es una estructura con una gran inervación, y cuyo riego sanguíneo procede, principalmente de la arteria renal anterior. La circulación de retorno del ovario es llevada a cabo por las venas ováricas que desembocan en la vena cava superior (Vásques, 2014).

#### **1.4.2 Anatomía del oviducto**

- El oviducto en la gallina adulta es un tubo muscular de 60-70 cm de largo, que discurre desde la región ovárica hasta la cloaca (ver figura 5). En el oviducto se consideran cinco secciones: infundíbulo, magno, istmo, útero y vagina, en cada una de ellas tienen lugar distintas fases de la formación del huevo. La yema entra en el oviducto de 24 a 26 horas antes de la salida del huevo por la cloaca (oviposición) (Martín, 2019, Pollock y Orosz, 2002).

**Figura 5.** Sistema reproductivo de la gallina. Adaptado de Rodríguez, E., Chapa, J y González, G (2013)



– El infundíbulo es el inicio del oviducto, la zona donde el óvulo es capturado tras la ovulación y donde permanece entre 15 y 30 minutos. Presenta forma de embudo, y en él se van a formar las dos capas que rodean externamente a la membrana vitelina, que juegan un papel muy importante en la protección de la yema, evitando la entrada de agua desde la clara. En el caso de las gallinas destinadas a la reproducción es en el infundíbulo donde se produce la fertilización del huevo.

– El magno constituye la porción más larga del oviducto. La formación del albumen o clara se inicia en el magno y acaba en el útero, siendo la clara una

solución de proteína y minerales en una solución acuosa (90% agua), proteínas que son producidas por las propias glándulas tubulares del magno.

- El istmo es el tramo del oviducto entre el magno y el útero, en el que el albumen se rodea de las dos membranas testáceas, interna y externa, formadas por fibras proteicas durante un periodo de una hora y quince minutos aproximadamente.

- Aproximadamente cinco horas después de producirse la ovulación el huevo en formación alcanza el útero, donde va a permanecer entre 18 y 22 horas, tiempo en el que se produce, fundamentalmente, la formación de la cáscara. En el útero el huevo se encuentra sumergido en una solución sobresaturada de carbonato cálcico que se va depositando, en forma de calcita, sobre las fibras que constituyen la membrana testácea externa, en una disposición de núcleos o conos concretos. También culmina en el útero el proceso de hidratación y estructuración del albumen.

-La vagina conecta el útero con la cloaca. No presenta glándulas secretoras y su pared interna revela pliegues longitudinales. En la vagina se forma la cutícula, capa externa que protege al huevo de la contaminación por microorganismos.

### **1.4.3 Fisiología de la puesta**

Cuando nace una pollita, los ovarios son dos diminutas masas indiferenciadas, que se sitúan por encima de los riñones fijas a la pared dorsal del peritoneo abdominal.

Durante la recría, sólo evoluciona el ovario izquierdo, que va aumentando de tamaño al tiempo que se desarrolla el oviducto. La madurez sexual se alcanza entre las 18 a 20 semanas, dependiendo del peso corporal y de la aplicación del estímulo lumínico y la intensidad de la luz. La madurez se alcanza a partir de un peso corporal de 1,3 kg. (razas ligeras) a 1,5 kg. (razas semipesadas) con 14 horas de luz, 10 luxes de intensidad y una luminosidad creciente de 1 hora semanal. Entonces el ovario se presenta como un racimo de miles de ovocitos y 5-10 óvulos cargados con vitelo en orden creciente. Todo el material vitelino procede del hígado y llega al ovario por la arteria ovárica, depositándose en 8-10 bandas concéntricas, que dejan en uno de los bordes longitudinales un pequeño espacio de citoplasma con el pronúcleo femenino (blastodermo o blastocisto) (Barroeta, 2010).

Durante la maduración del óvulo, la yema recibe grandes concentraciones de anticuerpos específicos de todos y cada uno de los antígenos naturales o aplicados por el hombre (vacunas). Se trata de las inmunoglobulinas Y (IgY), que proporcionan protección a los recién nacidos durante varias semanas (Murcia, 2009).

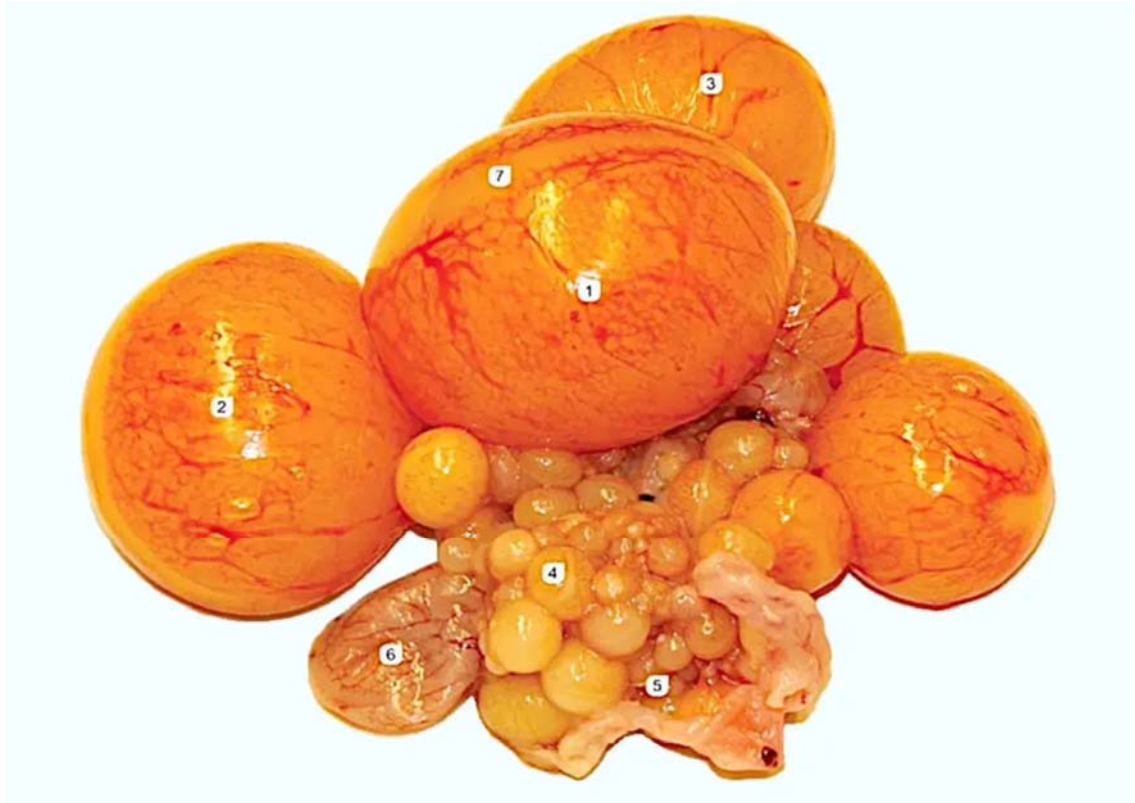
La puesta de huevos se divide en tres procesos secuenciales: la ovulación, la formación del huevo y la ovoposición.

#### **1.4.3.1 La ovulación o la dehiscencia folicular**

La maduración de los ovocitos se produce siguiendo una pauta establecida por la jerarquía folicular, en la que un grupo de ocho folículos de

entre 10 a 40 mm, en la etapa de crecimiento rápido, serán ovopositados en orden, con una cadencia entre ellos de 24 horas aproximadamente, como se ve en la Figura 6 (Gallina Castellana Negra, 2022). Durante el desarrollo folicular el folículo de mayor tamaño madura produciendo progesterona que estimula la liberación de la hormona luteinizante en la hipófisis, existiendo entre ellas un mecanismo de retroalimentación positiva (*feed-back*), mediante el cual la secreción una de estas hormonas estimula la liberación de la otra. Esta retroalimentación positiva finaliza con la ruptura de la capa externa del folículo, permitiendo que el óvulo salga del ovario y sea recogido por el infundíbulo. La rotura del folículo se produce en una zona no vascularizada, denominada estigma, por lo que no deben producirse hemorragias. La liberación de la yema en el ovario se produce de 8 a 10 horas después del pico de la hormona luteinizante y la salida del huevo totalmente formado se realiza unas 24 horas después. La siguiente ovulación se produce unos 30 minutos más tarde, de manera que las ovoposiciones se realizan de día (periodo de luz) y se van retrasando en el tiempo (Cepero, 1995).

**Figura 6.** Ovario con ovocitos en distintas fases de crecimiento. Adaptado de Gallina Castellana Negra (2020)



1.-Ovocito maduro. 2,3.- ovocitos dentro de los folículos. 4,5. Racimo de folículos en diferentes estadios de maduración. 6.- Resto de folículo al desprenderse el ovocito. 7.- Estigma (abertura para desprenderse el ovocito hacia el oviducto)

Las principales alteraciones en la ovulación son la presencia de dos yemas en el mismo huevo, causada por una doble dehiscencia folicular debido a fallos en los mecanismos reguladores, la reabsorción o ruptura del folículo, o la presencia de manchas de sangre debidas a hemorragias producidas durante la ovulación por una incorrecta apertura del estigma. Algunos componentes en la dieta también pueden favorecer su presencia como la deficiencia de Ca, P, Se y Cl, un déficit de vitamina K y A, por ejemplo, por tratamiento con sulfamidas, el aumento de proteína y la soja cruda (Sutcliffe y Boorman, 1998; Barroeta 2010).

### **1.4.3.2 La formación del huevo en el oviducto**

El tránsito del huevo por el infundíbulo dura de 15 a 20 minutos. En caso de que se trate de gallinas reproductoras es aquí donde se va a producir la fecundación. Durante el tránsito por el infundíbulo, las glándulas infundibulares secretan la membrana vitelina que es la última capa de la yema, y por tanto finaliza el proceso de formación de la yema (Barroeta, 2010).

En el magnum o magno se produce la secreción de la mayor parte de las proteínas de la clara, generadas por las células caliciformes, principalmente la ovomucina y la avidina, y las células tubulares que secretan la ovoalbúmina y la lisozima, que equivalen al 80% de los componentes de la clara. La síntesis proteica se efectúa de forma continuada durante todo el proceso, pero aumenta cuando la yema entra en el magno. La distensión tisular que produce la yema a su paso por el oviducto provoca la liberación de las proteínas almacenadas en las células del magnum, que se van depositando durante las 3 horas y 30 minutos que tarda este proceso (Barroeta, 2010).

En el siguiente tramo del oviducto, el istmo, las glándulas tubulares que allí se encuentran van a formar las membranas testáceas o fáfarras, membranas permeables al agua y a algunos minerales. En el istmo se inicia el proceso de hidratación del albumen.

El huevo permanece en el útero durante 20-21 horas, periodo en el que el albumen se hidrata, en el proceso denominado plumping, llegando a duplicar su volumen. Al mismo tiempo se incorporan minerales como sodio, potasio y

bicarbonato. Como resultado de la torsión de las fibras de mucina que se produce cuando el huevo desciende con movimientos de giro se forman las chalazas, siendo su función mantener la yema en una posición centrada en el huevo.

Durante esta fase de formación del albumen pueden aparecer diversas anomalías del huevo, entre las que destacan la formación de huevos sin yema, motivada por la presencia de un cuerpo extraño en el magno que desencadena el depósito del albumen, la formación de huevos con la clara fluida por un exceso de hidratación y la presencia de manchas de sangre o carne por inclusiones en el albumen de restos de sangre o tejido ovárico o epitelio desprendido durante la formación del huevo. El principal factor responsable de su aparición es el origen genético, siendo menos frecuente en las estirpes de cáscara blanca (Martín, 2019).

En el útero también se localizan las células calcíferas responsables de la secreción de bicarbonato necesario para la formación de la cáscara, el depósito de carbonato cálcico es constante (0,3 mg/hora) hasta 2-3 horas antes de la ovoposición. El carbonato cálcico se deposita sobre la membrana testácea externa en la que los conos mamilares actúan como núcleos de osificación. Durante el periodo de puesta se incrementa la transferencia de calcio desde la sangre a la superficie del huevo, donde precipita el ion carbonato. El calcio de la cáscara proviene de dos fuentes, principalmente de la alimentación, con una absorción intestinal de calcio en las gallinas del 80%, y otra parte del calcio proviene del hueso medular, ya que las gallinas pueden movilizar el calcio de los

huesos para incorporarlo a la cáscara cuando el aporte en la dieta es insuficiente (Ketta y Tůmová, 2016).

En el fluido uterino también se liberan los precursores de las proteínas que van a constituir la matriz orgánica de la cáscara que representa un 2% del total de la cáscara. Esta matriz orgánica está formada por una mezcla de proteínas y glucoproteínas (70%), con un 11% de polisacáridos. Esta matriz se integra en el crecimiento de las columnas de calcita, proporcionando una cierta elasticidad y consistencia a la cáscara. Las últimas 2-3 horas que el huevo se encuentra en el útero se depositan los pigmentos y la cutícula (Ketta y Tůmová, 2016).

#### **1.4.3.3 La ovoposición**

El útero presenta una potente capa muscular que produce las contracciones que impulsan el huevo ya formado a la vagina. En el momento de la puesta la vagina se prolapsa y el huevo es expulsado rápidamente al exterior sin contactar con la cloaca. Minutos antes de la puesta las gallinas sufren un aumento de temperatura de un grado, se interrumpe la defecación y se detiene el consumo de pienso y agua. El 80% de las aves ponen sus huevos por la mañana, fenómeno regulado por la acción de las prostaglandinas y por la progesterona, y buscan un lugar tranquilo o un nido donde poner el huevo (Cepero, 1995).

La cáscara del huevo sale humedecida y a unos 41 °C. Una vez en el exterior al enfriarse, el contenido del huevo se retrae y se introduce aire externo.

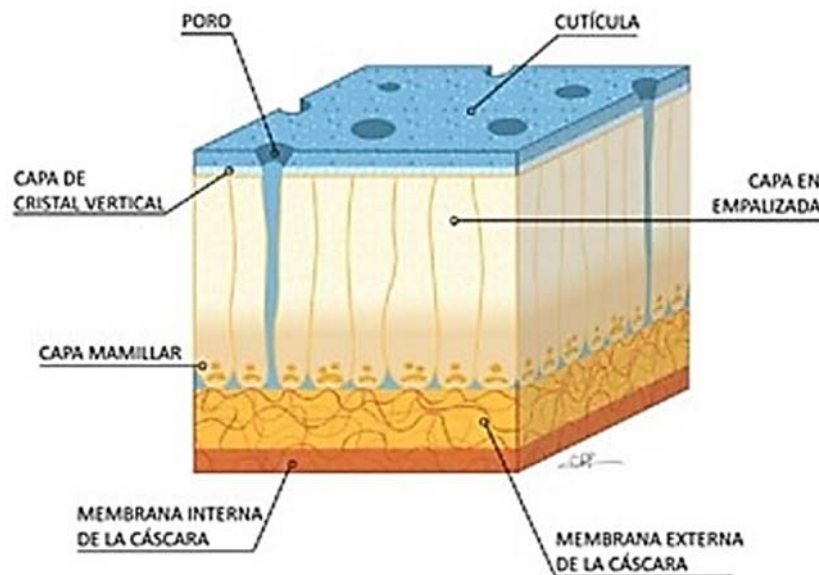
Las membranas testáceas se separan en el polo menor, dando lugar a la cámara de aire (Barroeta et al., 2002).

#### **1.4.4 Formación de la cáscara**

La cáscara de huevo es una capa delgada mineral (aproximadamente de 350  $\mu\text{m}$  de espesor) que protege el contenido del huevo contra impactos mecánicos, deshidratación y la contaminación por microorganismos (Nys y Gautron, 2007; Hincke et al., 2012). La cáscara presenta una estructura perforada por numerosos poros que favorecen el intercambio de gases necesarios para la respiración del embrión. También suministra el calcio necesario para el desarrollo del esqueleto del nuevo pollito. La cáscara de huevo está compuesta por un 95% de materia mineral, un 3,3 a 3,5 % de materia orgánica (fundamentalmente colágeno) y un 1,6% de agua. La parte mineralizada está formada principalmente por carbonato de calcio (96%), el resto de los componentes minerales son carbonato magnésico (1%), fosfato cálcico (1%), zinc, hierro, sodio y una variedad de oligoelementos (Nys et al., 2004, Mine et al., 2010). Como el peso total del huevo se divide aproximadamente en un 60% de clara, un 30% de yema y un 10% de cáscara, un huevo de gallina clasificado L, con un peso de 63 gramos tendrá una cáscara de 6,3 gramos aproximadamente. De ese peso 2 - 2,2 gramos se corresponden al calcio y 120 mg a fósforo. El grosor de la cáscara es de 0,3 - 0,4 mm.

Desde el interior al exterior, la cáscara de huevo se compone de membranas testáceas, capa mamilar, capa en empalizada, capa de cristales verticales y cutícula, como se ve en la Figura 7 (Hincke et al., 2012).

**Figura 7.** Estructura de la cáscara del huevo. Adaptado de Hincke et al., (2012)



Las membranas de la cáscara de huevo son estructuras fibrosas situadas entre la cáscara y el albumen. Son esenciales para la formación de la cáscara de huevo. Las membranas tardan en ser formadas aproximadamente una hora, dando lugar a una estructura de fibras entrelazadas, compuestas por 3% de lípidos, 2% de azúcares y 95% de proteínas de un 10% de colágeno y del 70 al 75% de otras proteínas y glicoproteínas (Hincke et al. 2012). El espesor total de estas dos membranas es aproximadamente 100  $\mu\text{m}$ . Cada una de estas membranas forma una lámina semipermeable. La membrana testácea interna permanece sin calcificar, mientras que las fibras de la membrana exterior se mineralizan en sitios concretos, en los que se va a producir la formación de la siguiente capa (Nys et al. 2004; Ketta y Tůmová, 2016).

La capa mamilar es la más interna, constituida por las mamilas a partir de las cuales se inicia la mineralización. Las mamilas son pequeñas masas de material orgánico distribuidas de manera uniforme, situadas en la superficie externa de la membrana externa, sobre las que se produce el depósito de cristales de calcio. A partir de estos puntos se desarrollan los conos, base de las columnas cristalinas, que a medida que crecen se fusionan con las adyacentes. La estructura y la conformación de la capa mamilar son los factores determinantes de la solidez de la cáscara. Existe, en efecto, una correlación entre la densidad de las mamilas ( $n^\circ$  de mamilas por  $\text{cm}^2$ ) y la solidez de la cáscara (Nys y Gautron, 2007). Esta capa supone  $1/3$  del espesor total de la cáscara (0,11 mm) y está formada exclusivamente por carbonato cálcico (Tullet, 1975).

La capa en empalizada está formada por grupos de columnas que se desarrollan perpendicularmente a la superficie de la cáscara del huevo a partir de los conos mamilares. Esta capa corresponde a la capa más gruesa de la cáscara de huevo, representando  $2/3$  del total (0,23 mm) y está compuesta por componentes orgánicos e inorgánicos en forma integrada. El componente inorgánico corresponde principalmente a carbonato de calcio en forma de calcita y fosfato cálcico, y el componente orgánico (matriz de la cáscara), que corresponde al 2-5% del peso seco, lo forman fibras colágenas como elemento de unión (Nys y Gautron, 2007).

La cáscara posee numerosos poros que permiten el intercambio gaseoso, y que resultan de la falta de sellamiento entre columnas cristalinas vecinas. Los poros atraviesan verticalmente la cáscara. Se estima que su número varía entre

100-300 por cm<sup>2</sup> de cáscara, lo que representa entre 7.000 y 15.000 poros en total (Tullet, 1975).

Una vez formado el huevo se segrega la cutícula, capa más externa del huevo, compuesta de glicoproteínas y sobre la que se depositan los pigmentos responsables de la coloración de la cáscara. Su grosor es de 0,01mm y cubre los poros preservando, el interior del huevo de la contaminación microbiana. Se deposita sobre todo el huevo inmediatamente antes de la oviposición (Nys y Gautron, 2007).

#### **1.4.5 Control hormonal de la ovulación en la gallina ponedora**

En la gallina, anatómicamente, la hipófisis anterior está unida al hipotálamo, llegando las secreciones de este a la hipófisis por vía sanguínea. En el hipotálamo se segregan los factores de liberación, que van a controlar y regular la liberación de las hormonas hipofisarias: FSH, hormona folículo estimulante, y LH, hormona luteinizante. La FSH es responsable del desarrollo y la maduración de los folículos ováricos, mientras que la LH es la principal responsable de la ovulación y de la secreción de hormonas esteroides (estrógenos, andrógenos y progesterona) y de prolactina, que interviene en la incubación (Cepero, 1995; Giménez, 2018).

El sistema nervioso autónomo controla los movimientos involuntarios de los órganos internos, el peristaltismo intestinal y genital, la micción y defecación, los movimientos respiratorios y la liberación de las secreciones internas. El sistema se compone de dos grupos de nervios el sistema simpático y el sistema

parasimpático (vago), cuyas principales funciones se recogen en la Tabla 12, entre los cuales se debe establecer un equilibrio que se altera con facilidad ante situaciones de estrés. Este desequilibrio es, casi siempre, favorable al sistema simpático (Huyghebaert, 2006).

**Tabla 12.** *Influencia de los sistemas simpático y parasimpático en la fisiología de las aves*

<b>Funciones</b>	<b>SIMPÁTICO</b>	<b>VAGO</b>
<b>Circulatorio</b>	Taquicardia	Bradicardia
<b>Peristaltismo intestinal</b>	–	+
<b>Peristaltismo genital</b>	–	+
<b>Secreciones bronquios</b>	–	+
<b>Esfínteres</b>	–	+
<b>Aparato urinario</b>	–	+

El signo - significa relajación. El signo + significa excitación

En el aparato genital el sistema nervioso autónomo controla las ondas foliculares que producen la ovulación y regula los tiempos de paso en cada parte del oviducto, para finalmente expulsar el huevo. Como ejemplo, vemos como se afecta el huevo ante diversos estímulos (Huyghebaert, 2006): la relajación del útero puede provocar huevos globo, los espasmos uterinos son una de las causas de los huevos torpedo, si acontece un tránsito rápido en el útero pueden aparecer huevos frágiles o mal calcificados, mientras el tránsito lento dará lugar a retenciones y un aumento de huevos hipercalcificados.

#### **1.4.6 Fotoperiodo y estimulación lumínica**

La luz afecta a la función reproductiva de las aves, tanto en lo referido a su intensidad como a las horas de exposición. La recepción de los estímulos lumínicos se produce a través de dos vías:

-Retina: los conos y bastones de su capa profunda convierten el estímulo lumínico en impulso nervioso (Sturkie, 1975).

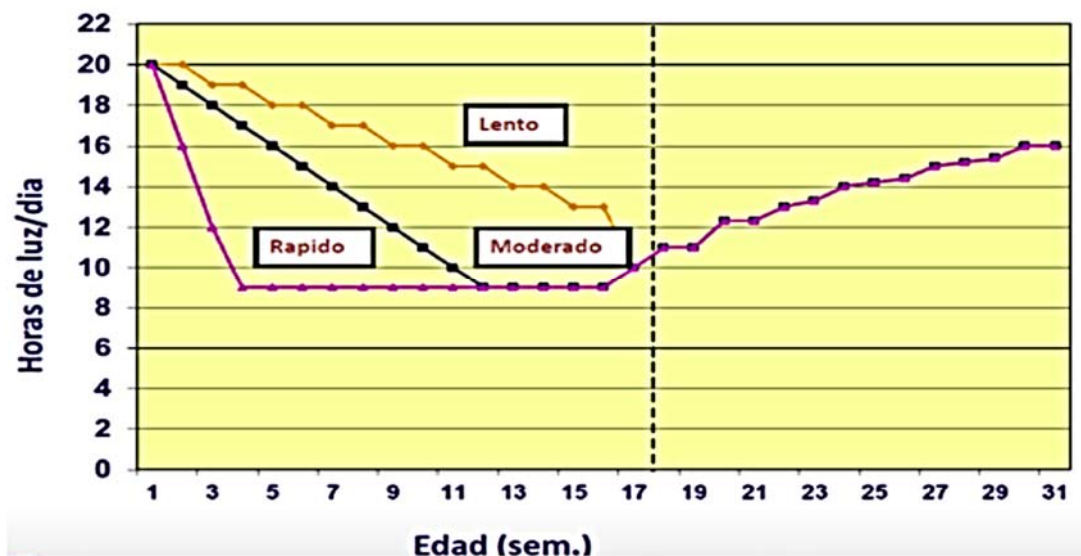
-Hipotálamo: La estimulación del hipotálamo se produce bien directamente o a través de la epífisis o glándula pineal. La estimulación hipotalámica induce la liberación de factores liberadores de hormonas (GnRH) que llegan a la hipófisis y provocan la liberación de hormona luteinizante (LH) y hormona folículo estimulante (FSH). La FSH actúa, principalmente, estimulando el desarrollo de los folículos ováricos (Giménez, 2018). Los folículos son la principal fuente de estrógenos en la gallina. Los estrógenos son importantes en todas las fases de formación del huevo. Actúan sobre el crecimiento y desarrollo del oviducto, en la síntesis de proteínas y lípidos en el hígado, en el transporte de lipoproteínas y su depósito en el folículo, en la síntesis de la clara que se va a producir en el magno, transporte de calcio y su depósito en el hueso medular, comportamiento en la oviposición y regulan la aparición de los caracteres sexuales secundarios (Ramírez, 2002).

Originariamente las aves presentaban un ciclo sexual estacional, condicionado por la duración e intensidad de las horas de luz. Las aves con reproducción estacional son fotorrefractarias al nacer (fotorrefractariedad

juvenil), siendo incapaces de responder sexualmente a un período de estímulo lumínico (fotoperiodo prolongado) hasta que hayan experimentado una temporada de fotoperiodos neutrales (días cortos) como los que se presentan naturalmente en invierno (Lewis, 2009). Por ellos se debe establecer un correcto manejo de las horas de luminosidad para que el estímulo y el desarrollo sexual sean correctos para la producción. Podemos establecer diferentes pautas referidas a la estimulación durante la fase de recría y durante la fase de puesta.

-Estímulo lumínico en la fase de recría: a la entrada a la nave de recría las pollitas reciben 24 horas de luz durante la primera semana, reduciéndose progresivamente hasta alcanzar 10 horas continuas de luz (equivalente a días cortos) alrededor de la semana 7. Desde esa semana se establece un programa estable de 10 horas de luz diarias hasta la semana 16 en la que se comenzará la estimulación para la puesta. (Guía Hy-Line, 2018). Un modelo de regulación del estímulo lumínico se ve en la Figura 8 (Arango, 2013), con tres tipos de regulación del estímulo lumínico lento, moderado o rápido, pero siempre con la misma pauta de una fase decreciente inicial, seguida de una fase en meseta y el comienzo del estímulo creciente a partir de las 17 semanas de vida.

**Figura 8.** Evolución del fotoperiodo en la estimulación de las gallinas ponedoras desde la fase de recría. Adaptado de Arango (2013)



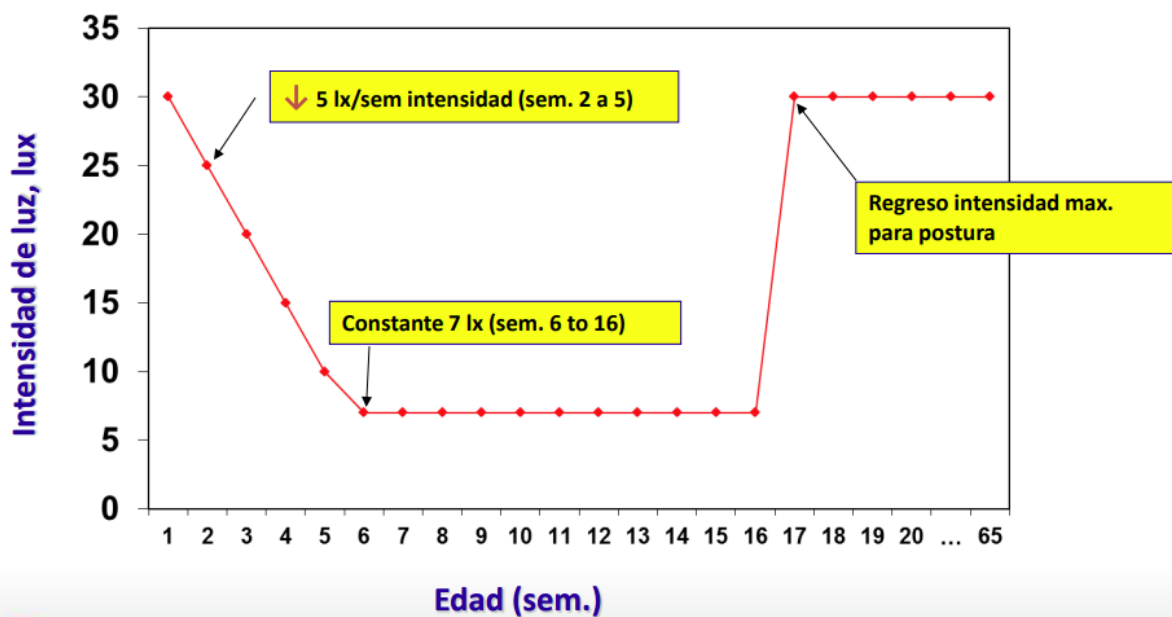
Se recogen tres modelos de estímulo: rápido, moderado y lento

-Estimulación en la fase de puesta: la estimulación con un periodo de luz creciente se debe iniciar condicionada por la edad y el peso de la gallina. Si el fotoperiodo durante la recría no ha sido correcto, o estimulamos aves jóvenes y con bajo peso el desarrollo sexual se verá retardado de manera marcada y la producción de huevo se reducirá significativamente (Lewis, 2009). En esta fase de puesta se establece un fotoperiodo creciente semanal, que comienza a las 16 semanas de vida de las aves, ya en la nave de puesta, hasta alcanzar las 16 horas continuas de luz diaria, alrededor de la semana 25 - 30 (Guía Hy-Line, 2018).

La intensidad de la luz también es importante en la producción de huevos. En la Figura 9 (Arango, 2013) se observa un modelo estándar de gestión de la

intensidad lumínica en las naves. Una intensidad baja (< 5 lux) no causa ningún estímulo sobre el crecimiento ni la producción, mientras que intensidades altas (> 50 lux) provocará estrés y comportamientos anómalos. La recomendación es mantener a las pollitas con una intensidad de 30 – 40 lux durante las primeras 2 – 3 semanas, disminuyéndola a 10 – 15 lux hasta dos semanas antes del traslado de las pollitas a la nave de puesta. En ese momento se alcanzarán los 30 lux, medidos a la altura de los comederos, que se mantendrán durante toda la fase de puesta (Botting, 2018, Braulio, 2019).

**Figura 9.** Evolución de la intensidad de la luz durante los periodos de recría y puesta en gallinas ponedoras. Adaptado de Arango (2013)



Se recoge la disminución progresiva de la intensidad lumínica (en luxes por semana) en la primera fase, hasta alcanzar una intensidad constante de 7 lux en la fase de meseta y se retoma un incremento rápido, pasando de 7 a 25-30 lux en solo dos o tres semanas, para mantener esa intensidad durante el resto de la vida productiva de la gallina ponedora.

## 1.5 PRINCIPALES ALTERACIONES DE LA CÁSCARA

Debido a que el proceso de formación de la cáscara del huevo es largo y complejo, son numerosas las situaciones anormales que pueden presentarse. Muchas de ellas se deben a alteraciones en la funcionalidad del oviducto, bien sea por enfermedades, causas externas de estrés o problemas nutricionales. La cáscara se compone principalmente de carbonato cálcico, pero, además, en su formación intervienen otros elementos, como fósforo, magnesio, una pequeña cantidad de proteína y otros micronutrientes y vitaminas. El calcio del huevo proviene de dos fuentes principales el alimento, y la movilización del calcio depositado en ciertos huesos (sobre todo en horario nocturno, en el que no tiene un aporte externo), proceso en el que la vitamina D juega un papel muy importante (Ketta y Tůmová, 2016).

Se consideran las siguientes alteraciones más frecuentes: grandes roturas (por grandes impactos o impactos sobre cáscara frágiles; frecuencia entre el 1 y el 5%), micro fisuras longitudinales (fisuras no visibles; pueden variar entre el 1 y el 3%), micro fisuras en estrella (fisuras no visibles producidas por impactos; frecuencia entre el 1 y el 2%), huevos en fáfara (entre el 0,5 y el 6%); huevos rugosos (pueden variar entre el 0 y el 1%), huevos arrugados (pueden variar entre el 0 y el 2%), huevos en torpedo (pueden variar entre el 0 y el 1%), huevos anillados (pueden variar entre el 1 y el 9%), huevos sucios de sangre, de heces o por marcas de la jaula (Coutts y Wilson, 2007).

## 1.5.1 Alteraciones de la cáscara

### 1.5.1.1 Huevos en fáfara

No se ha producido correctamente la calcificación, estando recubiertos exclusivamente por las membranas testáceas del huevo (ver figura 10). La principal causa es la precocidad sexual, en pollitas que inician la puesta prematuramente, con un útero juvenil o inmaduro que sufre perturbaciones durante el proceso de mineralización. Otro posible motivo es un peristaltismo uterino exaltado en situaciones de desequilibrio neurovegetativo motivado por el estrés. Una deficiencia aguda de calcio, junto con una reducción del aporte de agua (va a dificultar aún más la absorción de calcio) también van a posibilitar la aparición de huevos en fáfara (Coutts y Wilson, 2007).

**Figura 10.** *Huevos en fáfara. Foto del autor*



### 1.5.1.2 Huevos arrugados.

Puede ser causado por una hidratación incompleta del albumen, lo que impide la distensión total de las membranas testáceas (ver figura 11). La inmadurez o defectos en el útero también pueden contribuir a la aparición de este

tipo de alteraciones, así como situaciones de estrés o hacinamiento (Coutts y Wilson, 2007). Su incidencia puede estar relacionada con la presencia de enfermedades víricas, principalmente la Bronquitis infecciosa (Girón, 2006).

**Figura 11.** *Huevos arrugados. Foto del autor*



### **1.5.1.3 Huevos diana ("*target egg*")**

Se produce cuando se encuentran dos huevos a nivel del útero. En el lugar donde contactan las cáscaras aparece un anillo o zona plana (Barroeta, 2010) (ver figura 12).

**Figura 12.** *Huevo diana.* Foto del autor



#### **1.5.1.4 Alteraciones en el vértice**

Se observa una superficie rugosa, con adelgazamiento de la cáscara y aspecto casi translucido en el vértice del huevo, delimitada por una línea muy clara (ver figura 13). Generalmente se asocia a enfermedad causada por *Mycoplasma synoviae* (Brandao et al., 2014, Eun-Ok et al., 2014).

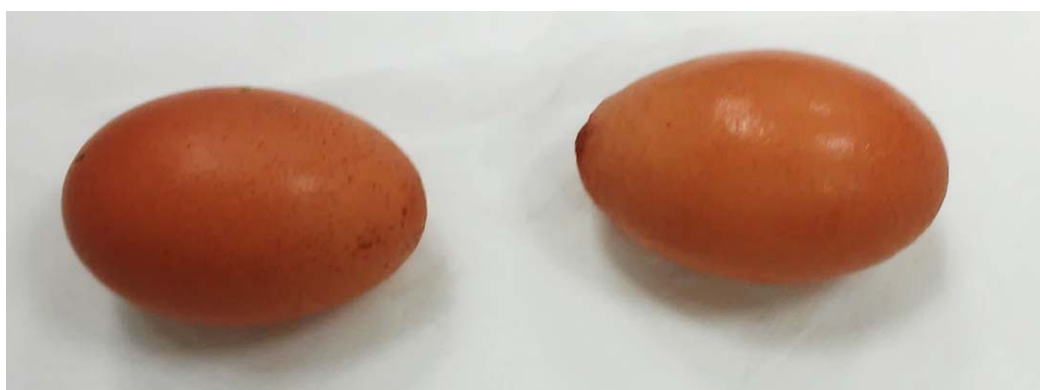
**Figura 13.** *Huevos con alteraciones en el vértice.* Foto del autor



### 1.5.1.5 Huevos en torpedo

Son huevos que presentan un índice morfométrico  $>75$ . (Índice morfométrico =  $(\text{anchura}/\text{longitud}) \times 100$ ) (ver figura 14). Los huevos de gallina miden por término medio 4.2 cm de ancho y 5.7 cm de longitud por lo que le corresponde un índice morfológico de 74 (Soler y Bueso, 2017). Se producen por alteraciones en la tonicidad de la musculatura lisa del útero, como consecuencia de estrés competitivo, con retenciones de huevos en útero y vagina, sufriendo contracciones espasmódicas de las paredes uterinas.

**Figura 14.** *Huevos en torpedo. Foto del autor*



### 1.5.1.6 Huevos esféricos

Son huevos con un índice morfométrico  $< 75$ . Se suelen producir por relajación de la musculatura uterina (Soler y Bueso, 2017) (ver figura 15).

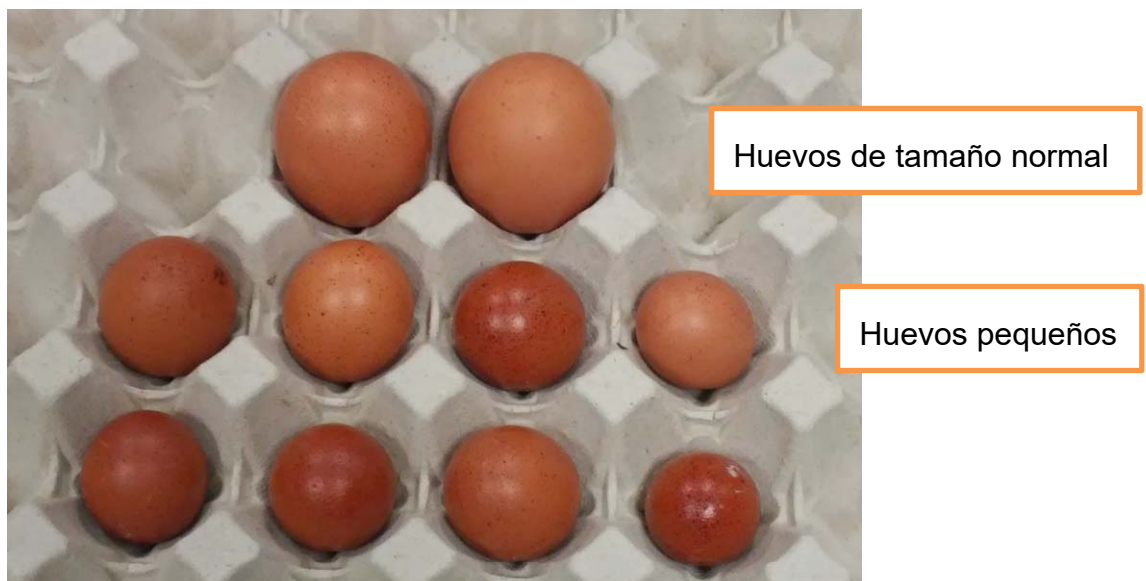
**Figura 15.** *Huevo esférico. Foto del autor*



#### **1.5.1.7 Huevos pequeños**

Huevos con un peso menor de 50 gramos (ver figura 16). Suelen corresponder con los primeros huevos puestos por algunas gallinas.

**Figura 16.** *Huevos pequeños. Foto del autor*



### **1.5.1.8 Cáscara áspera o rugosa, huevos hipercalcificados**

Suelen presentarse en huevos marrones por un depósito extra de calcio, debido a retención del huevo en el útero, acción patógena de la Bronquitis Infecciosa aviar o escaso aporte de agua. (Coutts y Wilson, 2007) (ver figura 17).

**Figura 17.** *Huevo hipercalcificado. Foto del autor*



### **1.5.1.9 Huevos decolorados.**

Se producen por un incorrecto depósito de ovoporfirinas en la cáscara (ver figura 18). Las causas más comunes son situaciones de estrés, por liberación de epinefrina que retrasa la oviposición, edad de las aves (a mayor edad disminuye la intensidad del pigmento), enfermedades, como la enfermedad de Newcastle y la Bronquitis Infecciosa o factores genéticos (Nys et al., 1991, Gerber, 2005).

**Figura 18.** *Huevos decolorados. Foto del autor*



#### **1.5.1.10 Huevos con pecas.**

Alteración del depósito de ovoporfirinas, depósitos puntuales de sales de hierro y/o manganeso, procedentes, generalmente, del agua de bebida (ver figura 19). Tienen un componente genético. (Barroeta, 2010).

**Figura 19.** *Huevos con pecas. Foto del autor*



### 1.5.1.11 Huevos sucios

Pueden producirse por manchas de sangre o heces por una defectuosa ovoposición (ver figuras 20 y 21). También puede ser causa de una contaminación posterior, por ejemplo, heces, marcas de la jaula, contaminación fúngica, restos de insectos, etc. Hay que recordar que la capa de mucina se deposita en la última fase de la formación del huevo y permanece húmeda tras la salida del huevo (Barroeta, 2010).

**Figura 20.** *Huevos sucios por heces. Foto del autor*



**Figura 21.** *Huevos sucios por sangre. Foto del autor*



### 1.5.1.12 Huevos rotos, fisurados

Se produce por deficiente calcificación y da lugar a roturas en el momento de la puesta, durante el traslado y clasificación o por el manejo posterior (ver figuras 22 y 23). La edad de las aves es un factor a tener en cuenta, ya que a medida que se alarga la duración de la puesta, el huevo aumenta de tamaño y la cáscara es más débil. Las causas mecánicas influyen en las roturas, normalmente por un defectuoso diseño o mantenimiento de las instalaciones, que provocan colisiones (inclinación del piso  $< 7^\circ$ ), insuficiencia en los amortiguadores presentes en las bandas transversales, llegadas masivas de huevos a las bandas, insuficiente número de recogidas de huevos que provocan su acumulación (fines de semana) (Coutts y Wilson, 2007).

**Figura 22.** *Huevos rotos (rotura pequeña). Foto del autor*



**Figura 23.** Huevos rotos (rotura grande). Foto del autor



#### **1.5.1.13 Cáscaras perforadas o picadas**

Aparecen cuando hay algún defecto en la instalación de recogida y/o clasificación que puede provocar estas roturas definidas. También es una posible causa el estrés que puede inducir al picaje de las propias gallinas (ver figura 24). Normalmente suceden por acúmulos de huevos en las cintas que permiten a las aves el acceso a ellos.

**Figura 24.** *Huevos picoteados. Foto del autor*



Es esencial, tanto para la industria como para el consumidor, que la incidencia de huevos con cáscara defectuosa sea mínima a todos los niveles de producción y comercialización. Los productores especialmente deben ser capaces de detectar y corregir rápidamente los problemas.

### **1.5.2 Factores que afectan a la calidad de la cáscara**

En la Tabla 13 se observa un compendio de los factores ambientales, nutricionales, patológicos, por medicación y directamente imputables al ave (García, 2010).

**Tabla 13.** Factores que afectan a la calidad de la cáscara

<b>Factores asociados</b>	
<b>Gallina</b>	Genética, edad, precocidad sexual, fisiológicos (estrógenos, calcitonina), mudas.
<b>Ambientales</b>	Iluminación, temperatura, instalaciones (aumento de huevos rotos), densidad de población, diseño de jaulas.
<b>Nutricionales</b>	Aporte de calcio, fósforo, Vitamina D, relación Na/Ca/Cl, Mg, Zn.
<b>Patológicos</b>	Micoplasmosis, enfermedad de Newcastle, Bronquitis infecciosa, Síndrome de caída de puesta (EDS).
<b>Medicaciones</b>	Nicarbacina, Clortetraciclina

### **1.5.3 Calidad externa de la cáscara**

En la medida de la calidad de la cáscara de un huevo las principales características macroscópicas a controlarse son el color y la resistencia de la cáscara.

#### **1.5.3.1 Color**

El color de la cáscara depende de la raza y estirpe de las ponedoras. El pigmento marrón, propio de las gallinas "semipesadas" es protoporfirina. Durante la tres o cuatro últimas horas de la formación de la cáscara las células epiteliales que cubren el útero sintetizan y acumulan tales pigmentos y, en los últimos 90 minutos de este proceso, se transfieren a la secreción del líquido viscoso rico en proteínas en que se convierte la cutícula (Samiullah et al., 2014)

Dentro de los huevos morenos, algunos de los factores que pueden afectar al color son la edad del ave, pues normalmente se reduce paulatinamente el color a medida que progresa la puesta, siendo los huevos puestos al final del ciclo productivo significativamente más claros que los iniciales (Roberts et al., 2013). La aparición de problemas patológicos también va a afectar negativamente a la presencia de un color adecuado de la cáscara, siendo común en lotes de gallinas afectados por distintas enfermedades o patógenos como bronquitis infecciosa (IB), síndrome de caída de puesta (EDS), *Mycoplasma gallisepticum*, etc. (Girón, 2006). Algunos tratamientos farmacológicos pueden ocasionar decoloración, como la contaminación accidental por nicarbacina que afecta al metabolismo de la porfirina en los eritrocitos y en el útero y hace que disminuya marcadamente el contenido de ésta en el huevo, o la aparición de colores anómalos (con clortetraciclina puede amarillear), también el empleo de sulfonamidas, etc. (Salvador y Tarazona, 2019). Las situaciones de estrés, como el estrés por calor, por una alta densidad de población, por el manejo de las aves, sonidos fuertes, etc., pueden ocasionar una liberación de epinefrina que influye negativamente en la pigmentación (García, 2010).

### **1.5.3.2 Resistencia de la cáscara**

La resistencia de la cáscara nos marca en un alto porcentaje la calidad del huevo, puesto que influye de forma directa en otros parámetros de la explotación, como pueden ser la proporción de huevos rotos y sucios. Pero también determina la calidad microbiológica del huevo pues es una barrera que

controla la cantidad de bacterias que penetran al interior del mismo (De Reu, 2009).

La dureza y la resistencia de la cáscara vienen determinadas por diversos factores. La nutrición de la gallina, especialmente importante en la fase final del periodo de puesta, puede condicionar una menor resistencia de la cáscara, bien por insuficiente nivel de calcio o por exceso de fósforo (Barragán, 2010). La propia edad de la gallina, por el desgaste y el esfuerzo fisiológico de la puesta, también da lugar a huevos con la cáscara más débil, con el consiguiente aumento de huevos rotos o fisurados (Butcher y Miles, 2018). La presencia de ciertas enfermedades, como la IB, EDS, infecciones por *Mycoplasma gallisepticum*, etc., van a provocar la puesta de huevos con alteraciones en la cáscara o con huevos de cáscara más débil (Girón, 2006). Las condiciones ambientales, tales como temperatura, ventilación, etc., que provoquen estrés en las aves dan lugar a un aumento de huevos con la cáscara menos resistente (García, 2010).

#### **1.5.4 Causas de roturas de la cáscara**

##### **1.5.4.1 Causas intrínsecas de las aves**

Son aquellas que provocan que las aves pongan huevos con cáscara más delgada, frágiles, quebradizas o con defectos que favorezcan la aparición de roturas. Entre los factores intrínsecos más importantes está la edad de las gallinas, que condiciona el grosor y la calidad de la cáscara, empeorando ambos parámetros con la mayor edad de las aves. Esto es debido a que el gramaje del

huevo aumenta en mayor medida que el incremento de peso de la cáscara, lo que hace que exista un mayor volumen de cáscara a cubrir con una cantidad determinada de carbonato cálcico, provocando una reducción del espesor de la misma (Lera, 2010a). Este problema, además, se ve favorecido por la disminución de las reservas de calcio de las gallinas viejas en el tejido óseo (Campo et al., 2007). Al inicio de la fase productiva los huevos son de menor tamaño, y van aumentando de forma rápida y progresiva de peso hasta las 30 – 32 semanas de vida, a partir de las que se enlentece el aumento del peso y tamaño del huevo. En los huevos de gallinas en fases avanzadas de la puesta hay un marcado aumento del tamaño de la yema, con el consiguiente incremento de la relación yema/clara (Lera, 2010a).

El tamaño del grupo también es un factor importante en la presencia de huevos rotos o fisurados, pero no se debe confundir con la densidad de población, ya que pueden tener efectos independientes en las aves. Pollitas alojadas durante el periodo de la recría muestran que para las densidades más altas presentan pesos corporales más bajos y peor condición del plumaje (Carmichael et al., 1999). En jaulas antiguas no enriquecidas, en las que se ofrecía un espacio de solo 600 cm<sup>2</sup> por ave, no había suficiente espacio libre para que las aves estuvieran en buenas condiciones, y se producían amontonamientos o compresiones, particularmente durante el descanso, y las gallinas solo podían moverse cambiando de lugar juntas (Appleby y Hughes, 1999). Las aves en jaulas con densidades más bajas tienden a agruparse, no se distribuyen uniformemente por todo el espacio disponible. (Carmichael et al., 1999). Atendiendo a razones de bienestar la normativa actual fija un mínimo

de 750 cm<sup>2</sup> por gallina alojada en jaula, para que puedan desarrollar su comportamiento social de forma aceptable (Directiva 1197/7/CE).

Hay evidencia de que en las jaulas aumenta el estrés linealmente con el tamaño del grupo. En general, el tamaño de los grupos pequeños presenta ventajas en las jaulas en batería, ya que las aves en estos grupos presentan, en general, mayores niveles de producción de huevos, con disminución de las agresiones, el estrés y otras conductas problemáticas en comparación con tamaños de grupo más grandes (Mashaly et al., 1984). Otra ventaja descrita para los tamaños de grupo pequeños es que pueden presentar efectos positivos sobre el bienestar, en el sentido de que proporcionan un ambiente más limpio y, por tanto, con una menor incidencia de enfermedades (Gerzilov et al., 2012). Las gallinas son aves con una estructura social fuertemente jerarquizada, por lo que en tamaños de grupo mayores se observa una incidencia más elevada de peleas, lo cual provoca un daño mecánico a los huevos (Wall et al., 2002; Hunneau-Salaün et al., 2011). Así mismo se ha observado un aumento de huevos rotos o fisurados en grupos más grandes debido a un menor uso de los nidos, provocando la puesta fuera de ellos (Guo et al., 2012, Meng et al., 2014). El mayor nivel de estrés que se puede alcanzar en grupos grandes va a provocar la puesta de huevos con cáscara más débil, por alteraciones fisiológicas en la formación de la cáscara, por acidosis metabólica que va a provocar un deficiente depósito de calcio (Ketta y Tůmová, 2016).

La alimentación de la gallina tiene una influencia directa sobre la cantidad de huevos rotos producidos en todo el ciclo del ave. El período básico en el que

se debe implantar un correcto plan de nutricional para mejorar la calidad de cáscara podemos situarlo tras la recría y hasta el pico de puesta, pero sin olvidar el propio periodo de producción. Durante las semanas que preceden al inicio de la puesta el incremento de peso del ave es muy rápido, por lo que las necesidades para el crecimiento son muy altas, mayores que durante el periodo de cría por desarrollarse y madurar principalmente el aparato reproductor, el hígado y el hueso medular (muy importante en el metabolismo cálcico) (Barragán, 2010). Referente a la presentación del calcio en el pienso, se recomienda aportar el 70% del carbonato en forma de partícula gruesa (2 a 4 mm) y el 30 % en forma de polvo, para una asimilación más rápida. Con ello se busca que el ave disponga en el aparato digestivo de calcio durante las horas de mayor necesidad, normalmente durante la noche (Santomá y Mateos, 2018).

La genética del ave condiciona que se observen diferencias en la calidad de la cáscara, no solo entre distintas estirpes de gallinas ponedoras, sino entre los propios individuos. El grosor de la cáscara en las gallinas tiene una heredabilidad media, lo que en principio permitiría que las mejoras en este sentido fueran más rápidas que las del incremento de huevos producidos o la persistencia de puesta, que tienen una heredabilidad menor (Butcher, 2018).

Los factores fisiológicos que más afectan son los relacionados con el metabolismo del calcio y la regulación de la puesta. El calcio para la formación de la cáscara proviene o bien de la sangre, después de su absorción a nivel intestinal, en el duodeno y principio de yeyuno, o bien de su resorción en el

hueso, principalmente medular, pero también cortical en condiciones de deficiencia de calcio (Butcher, 2008).

En situaciones de estrés térmico con unas temperaturas elevadas, la calidad de la cáscara puede verse afectada, siendo estos efectos adversos más pronunciados en animales viejos que en aves jóvenes (Oguntunji y Alabi, 2010). El incremento de la temperatura reduce el consumo de pienso de las gallinas al disminuir las necesidades de energía de las aves para su mantenimiento. Esto también reduce la ingesta de otros nutrientes, que no reducen su necesidad en las aves durante las épocas de calor, como en el caso del calcio. Consecuentemente, la densidad de nutrientes en las dietas de las épocas de calor debe ser incrementada para compensar la reducción del consumo. Sin embargo, no todos los efectos de las altas temperaturas se deben a la reducción de la ingesta de calcio. La hiperventilación pulmonar, propia de las temperaturas muy elevadas, origina un descenso de los niveles de CO<sub>2</sub> en la sangre, lo que afecta al metabolismo del calcio en el ave (Oguntunji y Alabi, 2010).

#### **1.5.4.2 Causas extrínsecas a las aves**

Son aquellas que, con independencia de la calidad de la cáscara en el momento de la puesta, hacen que ésta se rompa o se fisure posteriormente. Su origen está, principalmente, en deficiencias en el lugar donde son puestos los huevos o bien en el proceso durante su recogida, manipulación y transporte posterior. Hay que prestar especial atención al mantenimiento de las cintas transportadoras, tanto las transversales, como las longitudinales de las jaulas, así como la protección de goma para evitar el “rebote”, así como adecuar la

velocidad de las cintas transportadoras, de forma que los huevos no se golpeen en las salidas (Hunneau-Salaün et al., 2011). Otro punto importante en el diseño de las instalaciones es la correcta nivelación de las zonas de transferencia entre las distintas cintas transportadoras para evitar que se ocasionen roturas al golpearse los huevos, y el dimensionamiento de las cintas transportadoras y de la zona de acumulación a la entrada a la clasificadora (Wall et al., 2002).

## **2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**

### **2.1 HIPÓTESIS**

Desde que el uno de enero de 2012 entrara en vigor la Directiva 1999/74 CE por la que se establecieron las normas mínimas de protección de las gallinas ponedoras, especialmente en lo referente a las características que debían cumplir las jaulas, en el sector de la producción de huevos siempre ha habido una corriente tendente a plantear la paulatina sustitución del sistema de producción de huevo con gallinas alojadas en jaulas por sistemas alternativos, libres de jaulas. Esta tendencia ha sido impulsada, principalmente, por algunos países europeos, y ha tomado fuerza en los últimos años. Pese a ello, hoy en día, la gran mayoría de los huevos que se producen en el mundo proceden de gallinas alojadas en jaulas. En la bibliografía se encuentran múltiples trabajos que comparan los sistemas de producción en jaula con aquellos alternativos libres de jaula (en suelo, camperas, ecológicas), pero no se ha prestado la suficiente dedicación al estudio de las condiciones más convenientes de alojamiento en jaula en función del tamaño de grupo, factor importante para optimizar la producción y las condiciones de bienestar de las aves.

La hipótesis del presente trabajo es que el tamaño de grupo de las gallinas alojadas en jaulas puede tener efecto sobre los niveles de producción y la calidad de la cáscara.

## **2.2 OBJETIVO PRINCIPAL**

El objetivo de este estudio fue evaluar la producción, el peso y la calidad externa de la cáscara de los huevos producidos por gallinas alojadas en tres tamaños de grupo (20, 26 y 60 gallinas) con la misma densidad de población (750 cm<sup>2</sup> por gallina), así como la tasa de mortalidad y el consumo de alimento.

### **2.2.1 Objetivos específicos**

1.- Realizar la comparación, con datos reales de producción de huevos, entre gallinas alojadas en tres diferentes tamaños de grupo, analizando las posibles diferencias observadas.

2.- Estudiar, en las condiciones de nuestro experimento, cómo la edad de la gallina, determinada por el periodo de la fase de puesta en que se encuentre, condiciona la producción y la calidad externa del huevo.

### **3. MATERIAL Y MÉTODOS**

#### **3.1 INSTALACIONES Y ANIMALES**

Se utilizaron 22 lotes de gallinas Hy-Line alojadas en 22 naves con baterías de jaulas enriquecidas que cumplían con los requisitos de la Directiva 99/74/EC. La muestra estudiada fue de 2.849.869 gallinas. El periodo de recogida de datos abarcó desde junio de 2018 hasta noviembre de 2020.

##### **3.1.1 Localización de las naves**

Las explotaciones estaban ubicadas en los municipios de Cobatillas (15 explotaciones) (Longitud: 01° 4'34.946" Latitud: N38° 3'18.098") y Bullas (7 explotaciones) (Longitud: 01° 40'20.17" Latitud: N38° 2'48.01") en la Región de Murcia (España). Las explotaciones pertenecían a la misma empresa avícola, por lo que las condiciones de manejo eran similares entre todas ellas, ajustándose a los criterios indicados en la Guía de Manejo Hy-Line. En la Tabla 14 se recoge la distribución de las granjas según el tamaño del grupo de gallinas, incluyendo el número de granjas para cada tamaño de grupo y el promedio de gallinas alojadas por granja.

**Tabla 14.** *Distribución de las granjas según el tamaño del grupo de gallinas, el número de repeticiones (granjas) y el promedio de gallinas alojadas por granja*

<b>Número de granjas</b>	<b>Tamaño del grupo</b>	<b>Media de gallinas por granja</b>
7	S20	150.000
6	S26	104.000
9	S60	110.000

Las explotaciones se distribuyeron en los dos municipios. En Bullas solamente se controlaron explotaciones con tamaño de jaula de 4,5 m<sup>2</sup>, para grupos de 60 gallinas (S60). En la Tabla 15 se detalla la localización de cada nave, recogiendo la superficie de jaula, el tamaño de grupo y el número de gallinas en cada una de ellas, si bien no se realizó ningún estudio para valorar la posible incidencia de la ubicación sobre los resultados.

**Tabla 15.** Caracterización de las explotaciones avícolas empleadas en el estudio

EXPLOTACIÓN	LOCALIZACIÓN	TAMAÑO DE JAULA	TAMAÑO DE GRUPO	Nº GALLINAS	LÍNEA GENÉTICA
1	COBATILLAS	1,5m <sup>2</sup>	S20	108.864	Hyline
2	COBATILLAS	1,5m <sup>2</sup>	S20	106.240	Hyline
3	COBATILLAS	1,5m <sup>2</sup>	S20	102.200	Hyline
4	COBATILLAS	1,5m <sup>2</sup>	S20	92.840	Hyline
5	COBATILLAS	1,5m <sup>2</sup>	S20	110.795	Hyline
6	COBATILLAS	1,5m <sup>2</sup>	S20	108.550	Hyline
7	COBATILLAS	1,5m <sup>2</sup>	S20	99.483	Hyline
8	COBATILLAS	2m <sup>2</sup>	S26	104.391	Hyline
9	COBATILLAS	2m <sup>2</sup>	S26	103.150	Hyline
10	COBATILLAS	2m <sup>2</sup>	S26	99.024	Hyline
11	COBATILLAS	2m <sup>2</sup>	S26	106.888	Hyline
12	COBATILLAS	2m <sup>2</sup>	S26	151.236	Hyline
13	COBATILLAS	2m <sup>2</sup>	S26	162.300	Hyline
14	COBATILLAS	4,5 m <sup>2</sup>	S60	168.632	Hyline
15	COBATILLAS	4,5 m <sup>2</sup>	S60	150.784	Hyline
16	BULLAS	4,5 m <sup>2</sup>	S60	151.068	Hyline
17	BULLAS	4,5 m <sup>2</sup>	S60	151.864	Hyline
18	BULLAS	4,5 m <sup>2</sup>	S60	153.323	Hyline
19	BULLAS	4,5 m <sup>2</sup>	S60	152.812	Hyline
20	BULLAS	4,5 m <sup>2</sup>	S60	153.140	Hyline
21	BULLAS	4,5 m <sup>2</sup>	S60	161.770	Hyline
22	BULLAS	4,5 m <sup>2</sup>	S60	150.515	Hyline
TOTAL				2.849.869	

El clima que predomina en la Región de Murcia es el mediterráneo, con algunas zonas en las que se equipara al clima subtropical seco. Es una de las regiones más secas de España, con veranos calurosos en los que se llegan a rebasar los 40°C, e inviernos suaves y cortos. La media anual varía entre 16°C y 19°C. El cielo aparece despejado durante gran parte del año (entre 120 y 150 días), y la insolación media es superior a 2.800 horas anuales (Montaner et al., 2002).

### **3.1.2 Condiciones ambientales de las explotaciones**

Al encontrarse las granjas en una región cálida la regulación de la ventilación revistió una especial importancia, aunque se trataba de naves cerradas con control de temperatura y humedad. Las condiciones ambientales y la temperatura se regularon mediante ventilación dinámica por depresión y el uso de paneles de refrigeración, para ajustarse a las necesidades de las aves. (Hy-Line Guía de manejo, 2018).

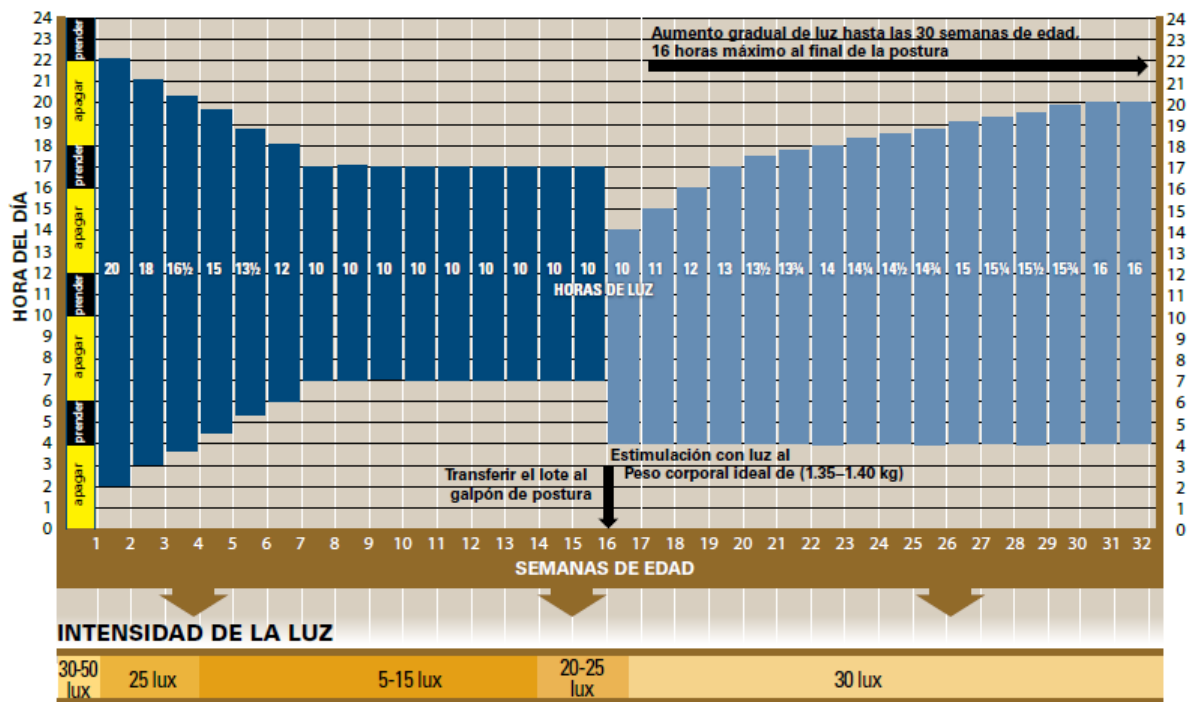
En las naves de producción se mantuvo una temperatura de 18–25°C y una humedad de 40–60%, ajustando la capacidad requerida de los ventiladores a un movimiento de aire de 4 m<sup>3</sup>/kilogramo de peso corporal por hora, evitando siempre la existencia de corrientes de aire a nivel de las gallinas.

En todas las naves se daban las condiciones para poder controlar tanto la intensidad lumínica como la duración del fotoperiodo. La regulación del fotoperiodo se realizó siguiendo las indicaciones de la empresa proveedora de la gallina (Guía de manejo Hy-Line, 2018), como se recoge en la Figura 25,

comenzando la estimulación lumínica alrededor de la 16ª semana de vida, con un peso vivo de 1,35 a 1,40 kg. En ese momento las pollitas comenzaron con unas 10 horas diarias de luz, y se fue aumentando secuencialmente hasta estabilizarse en la semana 30 con un periodo de luz de 16 horas (06:00 - 21:00) y un periodo de oscuridad de ocho horas (22:00 - 05:00).

**Figura 25.** Programa de iluminación para ponedoras en naves cerradas.

Guía de manejo Hy Line



### 3.1.3 Alimentación de las ponedoras

La alimentación se realizó con una dieta normalizada, siendo sus componentes, ordenados por su concentración, maíz, soja, trigo, carbonato cálcico, harina de girasol, aceite de soja, cloruro sódico, fosfato bicálcico y

metionina. La valoración nutricional fue de 2.795 kcal/kg de EM, 16,90% de PB, 5,5% de FB, 4,09% de Ca y 0,23% de P disponible. El pienso fue fabricado por la propia empresa y se administró dos veces al día. El aporte de calcio en la dieta se mantuvo entre el 3,75 y el 4,6 %. La presentación del calcio se realizó adicionando entre el 50 y el 70 % del carbonato cálcico en forma granular.

Los animales tuvieron libre disponibilidad de agua a través de bebederos de tetina.

### **3.1.4 Manejo de las gallinas**

#### **Nave de recría**

La recría de las pollitas se realizó con alojamiento en batería en las naves de crianza hasta las 16 semanas de edad, para luego ser trasladadas a las naves de puesta, alojándose en las jaulas definitivas donde permanecieron hasta las 74 semanas de vida. La puesta comenzó a las 19 semanas de edad. Durante el periodo de recría se siguió el protocolo de manejo recomendado por la empresa suministradora de las pollitas (Guía Hy-Line, 2018). Antes de la llegada de las pollitas a cada nave se procedió a una limpieza y desinfección de las mismas, habiendo establecido un vacío sanitario de al menos 2 semanas. Así mismo se acondicionó la nave para conseguir una temperatura de 33°C a 36°C al nivel de las pollitas, con una humedad del 60%. A la llegada a la explotación se descargaron las cajas con las pollitas, colocando a las aves en las jaulas diseñadas y preparadas para la recría en el menor tiempo posible, minimizando el estrés y el choque térmico. En las baterías de jaulas se introdujeron las pollitas

a la llegada en los niveles superiores, en los que había mayor luminosidad y temperatura. Se prestó especial atención a que no aparecieran áreas de sombra en las jaulas que pudieran dificultar la localización o el acceso a comederos y bebederos. Las pollitas dispusieron de alimento adecuado en los comederos desde el primer día, ayudándoles a encontrar el alimento esparciendo pienso sobre tiras de papel colocadas frente a los comederos automáticos, alimento sobre el papel que se mantuvo durante la primera semana, para garantizar que todas las pollitas accedieron de forma correcta al alimento de los comederos. Durante los primeros 7 días se mantuvo una luminosidad alta (30 – 50 lux) y un ciclo continuo de 24 horas de luz, para facilitar que las aves encontraran el alimento y el agua. Tanto a la entrada como de forma rutinaria se realizaron controles para verificar que el peso vivo de las pollitas era el correcto y que se conseguía duplicar entre el día de la llegada y los 7 días de edad. La temperatura de 33°C a 36°C se fue regulando pasada la primera semana, con una pauta de disminución de 2° - 3° semanales, hasta alcanzar los 21°C. Se estableció un ciclo lumínico decreciente, con una reducción progresiva semanal de las horas de luz hasta estabilizarlo en 10 horas de luz diarias. Estas 10 horas de luz diarias se mantuvieron hasta la semana 15 – 16, momento en que las pollitas pasaron a la nave de puesta.

Se estableció un protocolo vacunal (Tabla 16) para proteger a las pollitas frente a las principales enfermedades, con el objetivo de que las aves estuvieran en óptimas condiciones de protección inmune al inicio del periodo de puesta.

**Tabla 16.** Programa vacunal de las pollitas en recría

SEM. VIDA	ENFERMEDAD	TIPO	VIA
0	MAREK + GUMBORO		IN OVO
0	BRONQUITIS INFECCIOSA.	VIVA	SPRAY
0	LARINGOTRAQUEITIS	RECOMBINANT	SUBCUTA.
0	COCCIDIOSIS	VIVA	SPRAY
0	SALMONELOSIS POR <i>Salmonella enteritidis</i>	VIVA	SPRAY
0	SALMONELOSIS POR <i>Salmonella typhimurium.</i>	VIVA	SPRAY
2	GUMBORO	VIVA	AGUA
2	NEWCASTLE	VIVA	AGUA
5	GUMBORO	VIVA	AGUA
5	BRONQUITIS INFECCIOSA	VIVA	AGUA
5	NEWCASTLE	VIVA	AGUA
7	SALMONELOSIS POR <i>Salmonella enteritidis</i>	VIVA	AGUA
7	SALMONELOSIS POR <i>Salmonella typhimurium.</i>	VIVA	AGUA
7	BRONQUITIS INFECCIOSA	VIVA	AGUA
7	GUMBORO	VIVA	AGUA
10	VIRUELA	VIVA	INTRADÉRMICA
10	ENCEFALOMIELITIS	VIVA	INTRADÉRMICA
10	ADENOVIRUSIS	INACTIVADA	INTRAMUSCULAR
10	SALMONELOSIS POR <i>Salmonella typhimurium.</i>	INACTIVADA	INTRAMUSCULAR
13	ANEMIA INFECCIOSA AVIAR	VIVA	AGUA
13	SÍNDROME DE LA CABEZA HINCHADA	VIVA	SPRAY
15	BRONQUITIS IN FECCIOSA	VIVA	AGUA
17	MICOPLASMOSIS AVIAR POR <i>Mycoplasma gallisepticum</i>	VIVA	SPRAY
19	SALMONELOSIS POR <i>Salmonella typhimurium.</i>	INACTIVADA	INTRAMUSCULAR
19	ADENOVIRUSIS	INACTIVADA	INTRAMUSCULAR
19	GUMBORO	INACTIVADA	INTRAMUSCULAR
19	NEWCASTLE	INACTIVADA	INTRAMUSCULAR
19	SÍNDROME DE LA CABEZA HINCHADA	INACTIVADA	INTRAMUSCULAR
19	BRONQUITIS INFECCIOSA	INACTIVADA	INTRAMUSCULAR

Las pollitas durante la fase de recría recibieron tres tipos de pienso adaptados a sus necesidades de crecimiento y a sus requerimientos de fibra.

Los componentes empleados en su fabricación fueron, ordenados por su

concentración, maíz, soja, trigo, carbonato cálcico, harina de girasol, aceite de soja, cloruro sódico, fosfato bicálcico y metionina. De las 0 a las 5 semanas el pienso tuvo un análisis nutricional de 2.920 kcal/EM, 18,8% de PB, 4,1% de FB, 1,0% de Ca y 0,43% de P disponible. De las 5 a las 10 semanas el pienso se formuló con 2.820 kcal/EM, 16,5% de PB, 5,7% de FB, 0,90% de Ca y 0,40% de P disponible. Para la fase de las 10 a las 16 semanas el pienso administrado cumplió los siguientes parámetros nutricionales: 2.760 kcal/EM, 16,5% de PB, 6,3% de FB, 0,90% de Ca y 0,37% de P disponible.

#### Nave de puesta

Las pollitas entraron a las naves de puesta a las 16 semanas de edad. Se les estableció un fotoperiodo de luz creciente, para estimular la correcta madurez sexual, desde la entrada a la nave de puesta hasta las 25 – 30 semanas de vida. A partir de ese momento se estableció una duración estable de 16 horas de luz diarias y 8 de oscuridad hasta el final de la fase de puesta. La producción se realizó basada en las directrices marcadas en la Guía de manejo Hy-Line (2018), con las condiciones que se han comentado con anterioridad. La puesta comenzó a las 19 semanas de edad y el ciclo de puesta se dividió en tres periodos: Inicial (19-26 semanas), Medio (27-52 semanas) y Final (53-74 semanas).

#### **3.1.5 Características de las jaulas**

Las gallinas se alojaron en baterías en tres tipos de jaulas enriquecidas, con una capacidad de 20 (S20), 26 (S26) y 60 gallinas (S60). Todas las jaulas

eran adaptaciones similares al modelo MEC (Zucami Poultry Equipment, Beriain, España) (ver figura 26):

- S20: 2440 mm de ancho, 630 mm de profundidad, 455 mm de altura en el fondo de la jaula (1,54 m<sup>2</sup>), incluyendo 1 nido.

- S26: 3174 mm de ancho, 630 mm de profundidad, 455 mm de alto en el fondo de la jaula (1,99 m<sup>2</sup>), incluidos 2 nidos.

- S60: 3600 mm de ancho, 1260 mm de profundidad y 455 mm de alto en el fondo (4,53 m<sup>2</sup>), incluidos 4 nidos.

Cada gallina disponía de más de 750 cm<sup>2</sup> de superficie en los tres tipos de jaula.

S20: Capacidad 20 gallinas: 770 cm<sup>2</sup>

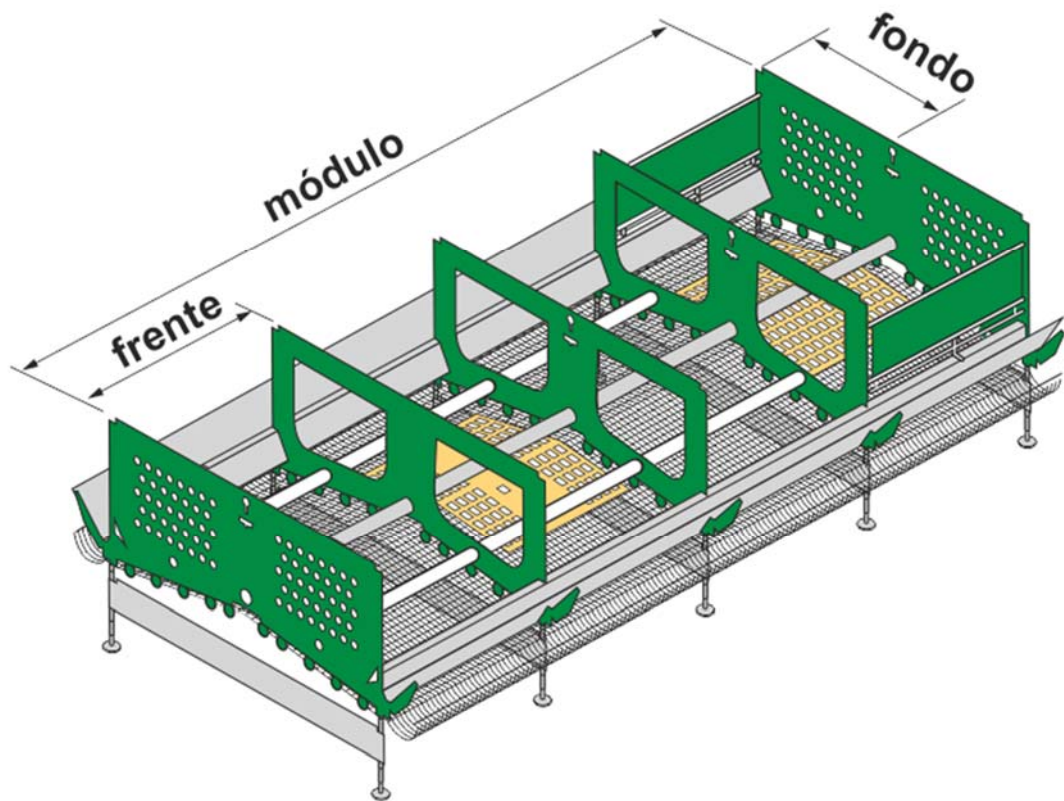
S26: Capacidad 26 gallinas: 765 cm<sup>2</sup>

S60: Capacidad 60 gallinas: 755 cm<sup>2</sup>

Las jaulas cumplían con los requisitos de la normativa europea sobre jaulas enriquecidas: una superficie mínima de 750 cm<sup>2</sup>/ave con una superficie total de la jaula de al menos 2.000 cm<sup>2</sup>, un nido con suelo confortable donde las aves puedan poner sus huevos, una superficie donde las gallinas puedan picotear y arañar, perchas con una longitud mínima de 15 cm por ave. Además, se habilitó un comedero con al menos 12 cm disponibles para cada gallina, un

mínimo de dos bebederos de tetina y un dispositivo para que las gallinas puedan rascarse las uñas (Directiva 1999/74/CE).

**Figura 26.** Esquema del modelo de jaula MEC de Zucami



## 3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL Y VARIABLES ESTUDIADAS

### 3.2.1 Recogida de los huevos

La recogida de los huevos se realizó dos veces al día, activando el mecanismo automático, controlándose, por los operarios de cada explotación, datos tanto de producción como de calidad de la cáscara. El ciclo de puesta se dividió en tres periodos: Inicial de las 19 a las 26 semanas de vida, Medio de las

27 a las 52 semanas de vida y Final de las 53 a las 74 semanas de vida. El periodo de estudio abarcó desde junio de 2018 hasta noviembre de 2020. Al final del ciclo de puesta las gallinas fueron enviadas a matadero. El número total de huevos que se controlaron fue de 934.534.742, y su distribución en cada periodo se recoge en la tabla 17.

**Tabla 17.** *Distribución del número de huevos recogidos en cada periodo*

<b>HUEVOS TOTALES</b>	934.534.742
<b>PERIODO INICIAL</b>	116.662.237
<b>PERIODO MEDIO</b>	469.401.923
<b>PERIODO FINAL</b>	384.470.582

### **3.2.2 Variables estudiadas**

En la colecta diaria de huevos se registraron valores absolutos de las siguientes variables:

- Número de huevos totales (HT)
- Número de huevos sucios (SUC)

- Número de huevos rotos (ROT)
  
- Número de huevos fisurados (FIS)
  
- Número de huevos clasificados S
  
- Número de huevos clasificados M
  
- Número de huevos clasificados L
  
- Número de huevos clasificados XL
  
- Consumo de alimento (CONSUM), expresado en gramos por ave/día
  
- Mortalidad (MORT).

El peso del huevo se determinó mediante una clasificadora tipo MOBA OMNIA XF 170 (Barneveld, Países Bajos) (ver figura 27), siguiendo el Reglamento de la Comisión (CE) número 589/2008, siendo XL: muy grande, peso  $\geq 73$  g; L: grandes, peso  $\geq 63$  y  $< 73$  g; M: mediano, peso  $\geq 53$  y  $< 63$  g; S: pequeño, peso  $< 53$  g. Según el último procedimiento se calcularon las siguientes variables: porcentaje de huevos clasificados S (%S), porcentaje de huevos clasificados M (%M), porcentaje de huevos clasificados L (%L) y porcentaje de huevos clasificados XL (%XL).

**Figura 27.** Clasificadora MOBA modelo Omnia XF 170



Los defectos externos que afectan la cáscara se categorizaron según Coutts y Wilson (2007). Los operarios controlaron visualmente las alteraciones más marcadas, retirando los huevos afectados. Los huevos fisurados se detectaron utilizando el equipo MOBA Crack Detection (Barneveld, Países Bajos) (ver figura 28).

**Figura 28.** *Equipo MOBA Crack Detection*



Para realizar los cálculos de las variables estudiadas se utilizaron las siguientes fórmulas:

El Porcentaje de puesta (P) se definió como  $\left(\frac{HT}{N^{\circ} \text{ gallinas por lote}}\right) \times 100$

La mortalidad se calculó como  $\left(\frac{NB}{N^{\circ} \text{ gallinas por lote}}\right) \times 100$ , siendo NB el número de bajas.

Porcentaje de huevos rotos: porcentaje de huevos que presentan roturas de considerable tamaño en la cáscara que, generalmente, llegan a afectar a las membranas internas del huevo; se detectan visualmente por operarios especializados y son retirados de la cadena. Se define como  $\left(\frac{HR}{HT}\right) \times 100$

Porcentaje de huevos fisurados: porcentaje de huevos que presentan pequeñas fracturas en la cáscara sin afectación de las membranas internas; Se expresa en % como  $\left(\frac{HF}{HT}\right) \times 100$

Porcentaje de huevos sucios: porcentaje de huevos en los que toda o una parte de su cáscara aparece manchada por heces, sangre u otras sustancias; se detectan visualmente por operarios especializados y son retirados de la cadena.  
 $\left(\frac{HS}{HT}\right) \times 100$

Consumo de pienso: total de pienso consumido al día por gallina alojada, expresado en gramos por día, calculado controlando los kilos de pienso administrados y el número de aves presentes.

### 3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las estimaciones de las diferencias para las variables entre los diferentes tamaños de grupo (S20, S26, S60) se obtuvieron por mínimos cuadrados generalizados, utilizando el programa R Project (R Core Team, 2013). Las variables consideradas fueron: número de huevos totales (HT), número de huevos sucios (SUC), número de huevos rotos (ROT), número de huevos fisurados (FIS), número de huevos clasificados S, número de huevos clasificados M, número de huevos clasificados L, número de huevos clasificados XL, consumo de alimento (CONSUM) y mortalidad (MORT). El modelo utilizado en este análisis fue:  $Y_{kl} = J_k + E_l + J_k * E_l + \epsilon_{kl}$ , donde  $Y_{kl}$  es el registro de caracteres;  $J_k$  es el efecto del tamaño del grupo (tres niveles: S20, S25, S60);  $E_l$  es el efecto de la fase productiva del ciclo de puesta (tres niveles: Inicial, Medio, Final);  $J_k * E_l$  es la interacción entre el tamaño del grupo y la fase productiva y  $\epsilon_{kl}$  es el efecto residual. Se estableció un nivel de significación  $\alpha = 0,05$ .

En las tablas de resultados letras a, b y c diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Influencia de la fase productiva sobre los parámetros analizados

La influencia del periodo productivo Inicial (19-26 semanas), Medio (27-52 semanas) y Final (53-74 semanas) se recoge en la Tabla 17, en la que se muestran los resultados del análisis multifactorial, expresados en porcentaje, para los parámetros puesta, mortalidad, huevos XL, huevos L, huevos M, huevos S, huevos sucios, huevos rotos y huevos fisurados, así como el consumo de pienso expresado en gramos de pienso/día/gallina alojada, mostrando además el error estándar para cada uno de los resultados.

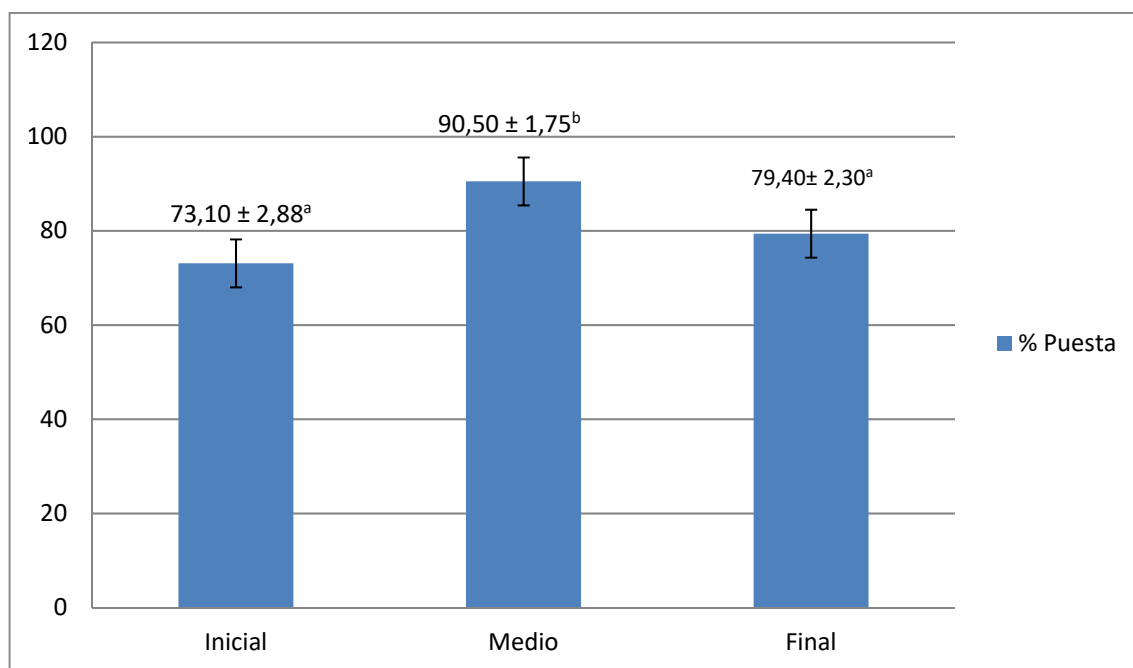
**Tabla 17.** Resultados de las variables estudiadas según el periodo del ciclo productivo (media  $\pm$  error estándar)

	Periodo Inicial	Periodo Medio	Periodo Final
<b>% PUESTA</b>	73,10 $\pm$ 2,88 <sup>a</sup>	90,50 $\pm$ 1,75 <sup>b</sup>	79,40 $\pm$ 2,30 <sup>a</sup>
<b>% MORT</b>	0,07 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	0,06 $\pm$ 0,07 <sup>a</sup>	0,14 $\pm$ 0,09 <sup>b</sup>
<b>% XL</b>	0,96 $\pm$ 0,37 <sup>a</sup>	9,91 $\pm$ 0,22 <sup>b</sup>	16,02 $\pm$ 0,30 <sup>c</sup>
<b>% L</b>	24,50 $\pm$ 0,92 <sup>a</sup>	56,90 $\pm$ 0,56 <sup>b</sup>	51,70 $\pm$ 0,73 <sup>c</sup>
<b>% M</b>	48,10 $\pm$ 0,90 <sup>a</sup>	24,60 $\pm$ 0,55 <sup>b</sup>	14,20 $\pm$ 0,73 <sup>c</sup>
<b>% S</b>	17,77 $\pm$ 0,95 <sup>a</sup>	0,35 $\pm$ 0,58 <sup>b</sup>	0,04 $\pm$ 0,76 <sup>b</sup>
<b>% SUC</b>	5,08 $\pm$ 0,33 <sup>a</sup>	4,50 $\pm$ 0,20 <sup>a</sup>	9,80 $\pm$ 0,29 <sup>b</sup>
<b>% ROT</b>	0,24 $\pm$ 0,03 <sup>a</sup>	0,31 $\pm$ 0,03 <sup>a</sup>	0,90 $\pm$ 0,04 <sup>b</sup>
<b>% FIS</b>	3,07 $\pm$ 0,18 <sup>a</sup>	3,40 $\pm$ 0,11 <sup>a</sup>	7,14 $\pm$ 0,15 <sup>b</sup>
<b>CONSUMO</b>	105,60 $\pm$ 13 <sup>a</sup>	115,40 $\pm$ 14 <sup>b</sup>	114,5 $\pm$ 13 <sup>b</sup>

%PUESTA: (huevos/día/gallina alojada); %MORT (número de bajas totales); %XL (huevos peso  $\geq$ 73 g); %L (huevos peso  $\geq$  63 g y <73 g), %M (huevos peso  $\geq$  53 g y <63 g); %S (huevos peso <53/ g); %SUC (porcentaje huevos sucios); %ROT (porcentaje huevos rotos); %FIS (porcentaje huevos fisurados); CONSUMO (g de pienso/día/gallina alojada). a b c letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

El porcentaje de puesta fue significativamente mayor ( $p < 0,05$ ) durante el período Medio (90,5%) en comparación con el período Inicial (73,1%) y el período Final (79,4%), alcanzando un valor medio del 90,5% (Figura 29).

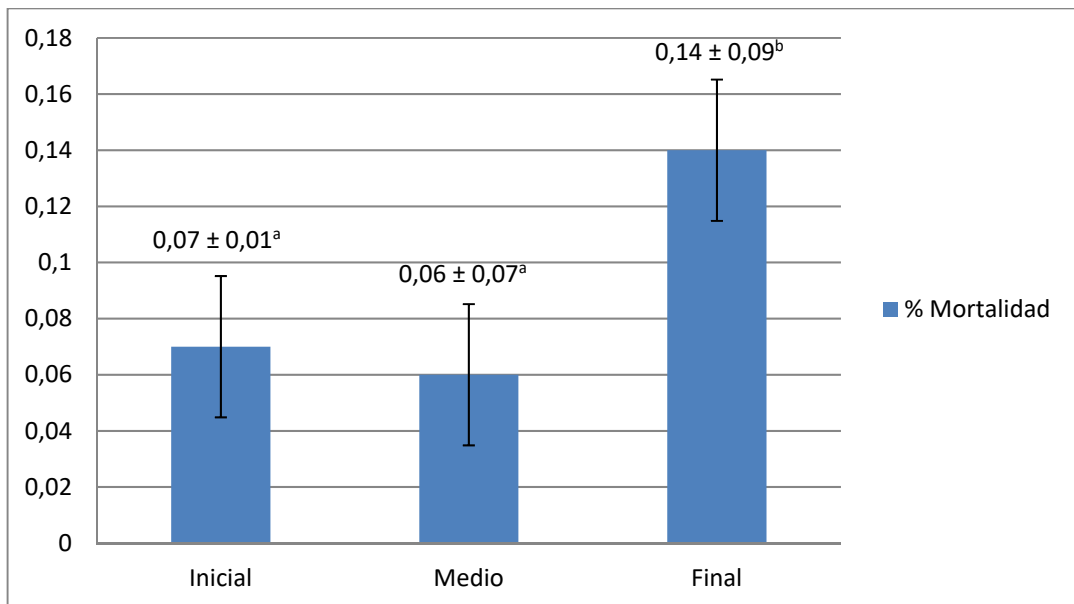
**Figura 29.** Porcentaje de puesta según la fase del periodo productivo



El porcentaje de puesta se expresa como  $\left(\frac{HT}{N^{\circ} \text{ gallinas por lote}}\right) \times 100$ , siendo HT el número total de huevos. Período inicial: 19-26 semanas de vida; período medio 27-52 semanas de vida; período final 53-74 semanas de vida. a, b, c letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

La fase productiva también influyó en el número de bajas, encontrándose un mayor porcentaje de mortalidad (0,14%) en la fase Final en comparación con las otras dos (0,07% y 0,06% en los periodos Inicial y Medio, respectivamente), como se refleja en la Figura 30.

**Figura 30.** Porcentaje de mortalidad según la fase del periodo productivo



El porcentaje de mortalidad se expresa como  $\left(\frac{NB}{N^{\circ} \text{ gallinas por lote}}\right) \times 100$ , siendo NB el número total de bajas. Periodo inicial: 19-26 semanas de vida; periodo medio 27-52 semanas de vida; periodo final 53-74 semanas de vida. a, b, c letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

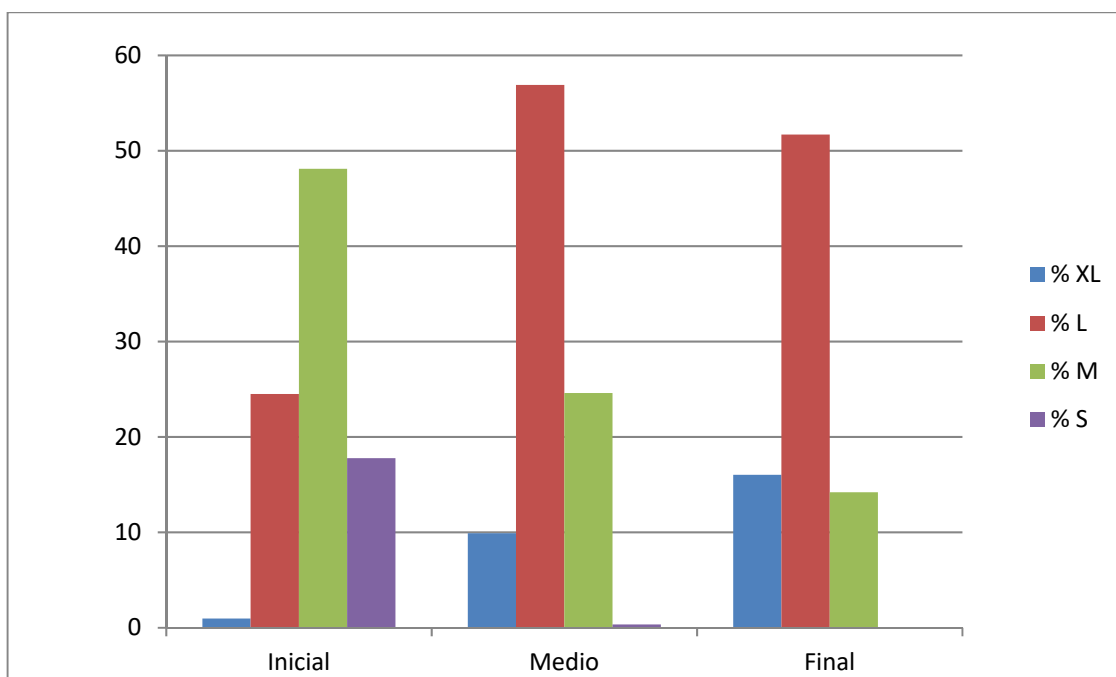
El peso del huevo es un parámetro muy dependiente de la fase productiva, consiguiéndose un mayor peso del mismo en la fase Final de la curva de puesta (Figura 31). En nuestro estudio se constató que el porcentaje de huevos XL fue significativamente mayor (16,02%) en el periodo Final, mientras que se obtuvieron resultados del 9,91% en el periodo Medio y del 0,96% en el periodo Inicial.

También se encontraron diferencias en el porcentaje de huevos categorizados L, donde la mayor producción se presentó durante el período Medio (56,9%), seguido del período Final (51,7%) y finalmente el período Inicial (24,5%), con diferencias significativas entre ellas.

Los mayores valores de huevos de la categoría M se observaron en el período Inicial (48,1%), presentando diferencias significativas con los datos obtenidos para el período Medio (24,6%) y con la menor producción en la fase Final (14,4%).

Finalmente, el porcentaje de huevos S mostró valores superiores (17,77%) durante la fase Inicial, y no se observaron diferencias significativas entre la fase Media y Final, ya que ambas presentaron valores muy reducidos (0,35 y 0,04%, respectivamente), como se recoge en la Tabla 18.

**Figura 31.** *Porcentaje de tamaño del huevo según la fase del periodo productivo*

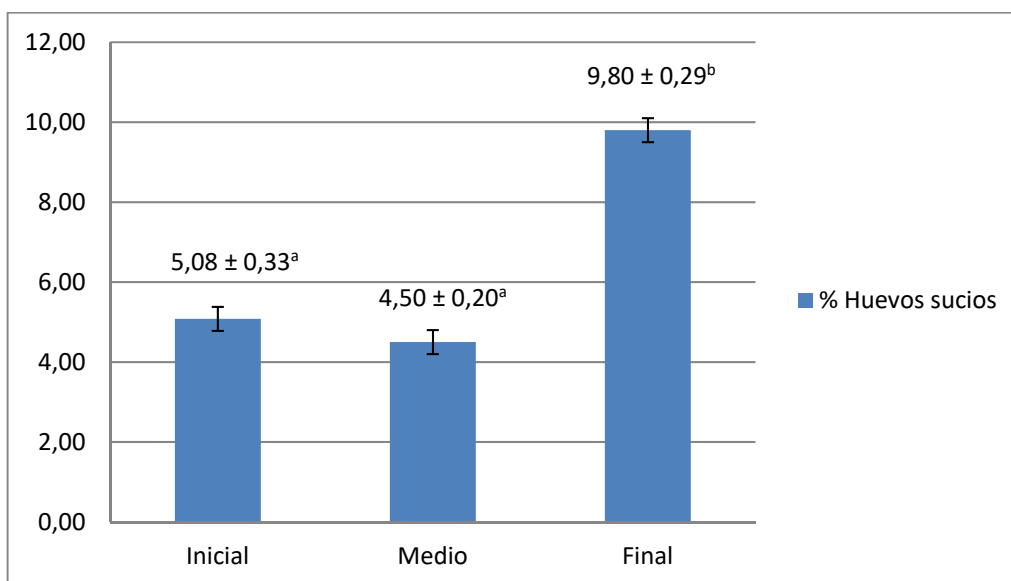


Periodo inicial: 19-26 semanas de vida; periodo medio 27-52 semanas de vida; periodo final 53-74 semanas de vida.

Para las variables que reflejan la calidad externa de la cáscara se encontraron valores significativamente mayores por la influencia del periodo Final, no observándose diferencias significativas entre los valores de los periodos Inicial y Medio.

El porcentaje de huevos sucios fue del 9,8 % en el periodo Final, siendo del 5,08% en el periodo Inicial y del 4,50% en el periodo Medio, porcentajes recogidos en la Figura 32.

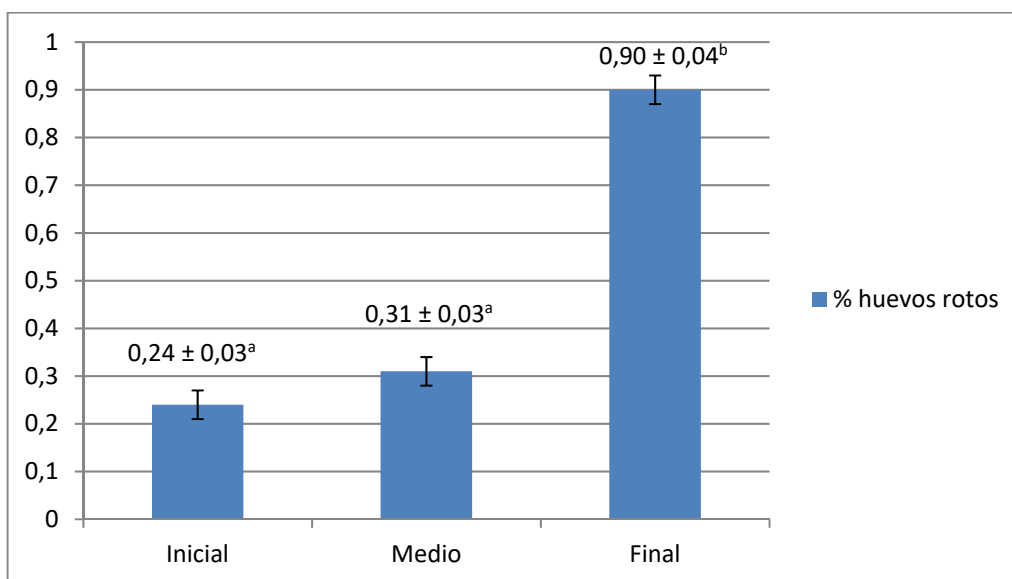
**Figura 32.** *Porcentaje de huevos sucios según la fase del periodo productivo*



El porcentaje de huevos sucios se expresa como  $\left(\frac{HS}{HT}\right) \times 100$ , siendo HS el número total de huevos sucios y HT el número total de huevos. Periodo inicial: 19-26 semanas de vida; periodo medio 27-52 semanas de vida; periodo final 53-74 semanas de vida. a, b, c letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

Referente a los huevos que presentaron roturas grandes los valores encontrados fueron del 0,90% en el periodo Final, 0,31% en el periodo Medio y del 0,24% en el periodo Inicial (Figura 33).

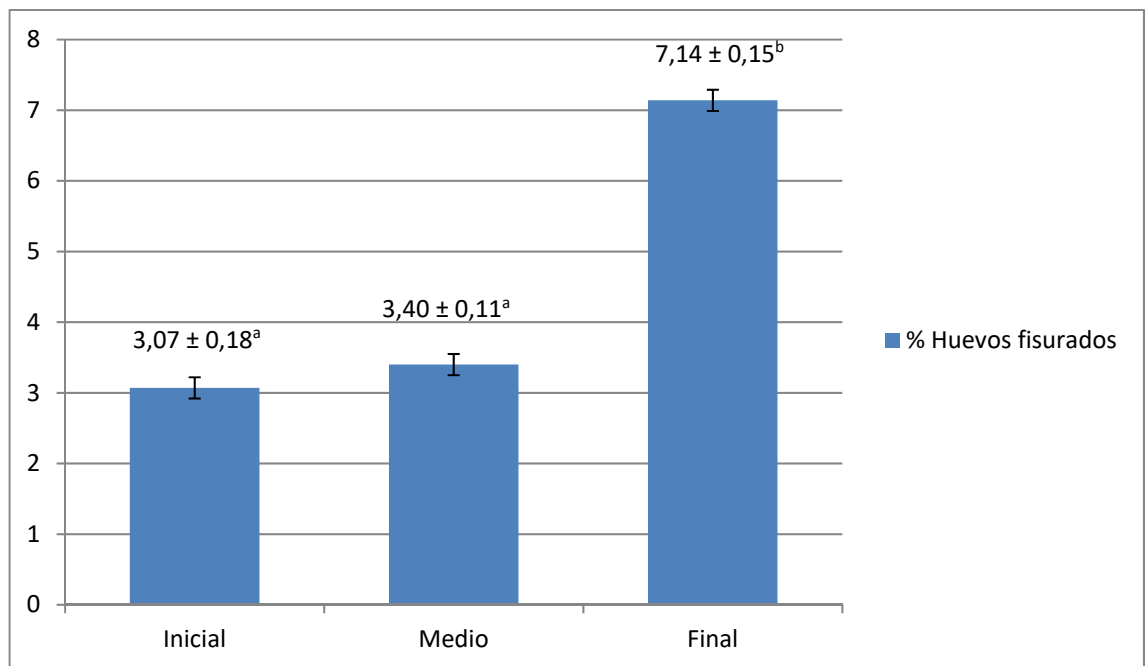
**Figura 33.** *Porcentaje de huevos rotos según la fase del periodo productivo*



El porcentaje de huevos rotos se expresa como  $\left(\frac{HR}{HT}\right) \times 100$ , siendo HR el número total de huevos rotos y HT el número total de huevos. Periodo inicial: 19-26 semanas de vida; periodo medio 27-52 semanas de vida; periodo final 53-74 semanas de vida. a, b, c letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

Los valores que se obtuvieron para los huevos fisurados también reflejaron esas diferencias significativas entre la fase Final y las fases Inicial y Media. En la fase Final se contabilizó un 7,14% de huevos fisurados, en la fase Media fue del 3,4% y en la fase Inicial del 3,07%, no encontrándose, como ya se ha indicado con anterioridad, diferencias significativas entre las fases Inicial y Media (Figura 34).

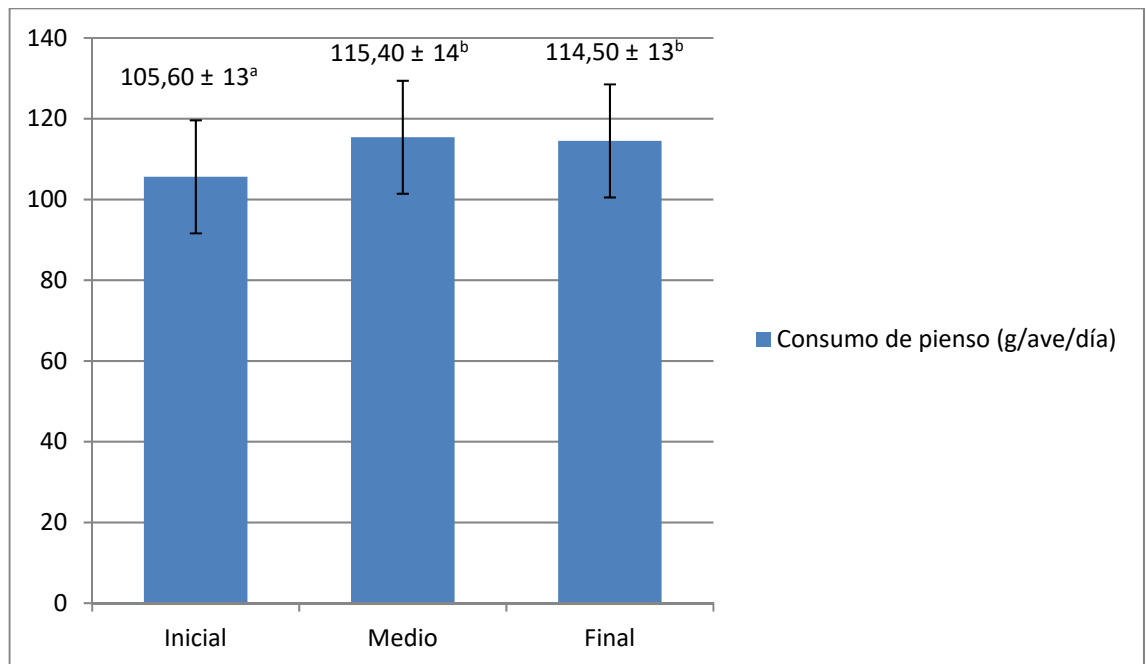
**Figura 34.** *Porcentaje de huevos fisurados según la fase del periodo productivo*



El porcentaje de huevos fisurados se expresa como  $\left(\frac{HF}{HT}\right) \times 100$ , siendo HF el número total de huevos fisurados y HT el número total de huevos. Periodo inicial: 19-26 semanas de vida; periodo medio 27-52 semanas de vida; periodo final 53-74 semanas de vida. a, b, c letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

El consumo de pienso fue similar en los períodos Medio (115,40 g/día) y Final (114,5 g/día) pero menor en el periodo Inicial (105,60 g/día), valores mostrados en la Figura 35.

**Figura 35.** Consumo de pienso según la fase del periodo productivo



El consumo de pienso se expresa en gramos por ave y por día. Periodo inicial: 19-26 semanas de vida; periodo medio 27-52 semanas de vida; periodo final 53-74 semanas de vida. a, b, c letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

#### 4.2 Influencia del tamaño de grupo sobre los parámetros analizados

En el análisis estadístico desarrollado según el tamaño del grupo, se reveló que no hubo diferencias significativas en los datos obtenidos para el porcentaje de puesta, mortalidad, %L y %SUC para los tres tamaños de grupo. El porcentaje de puesta tomó unos valores de 84,00% para el grupo mayor (S60), 79,60% para el grupo menor (S20) y de 79,50% para el grupo intermedio (S26), valores que no mostraron diferencias significativas entre ellos. La mortalidad tampoco se vio afectada por el tamaño del grupo, con valores del 0,09% en los grupos S26 y S60 y de 0,008% en el grupo S20 (Tabla 18).

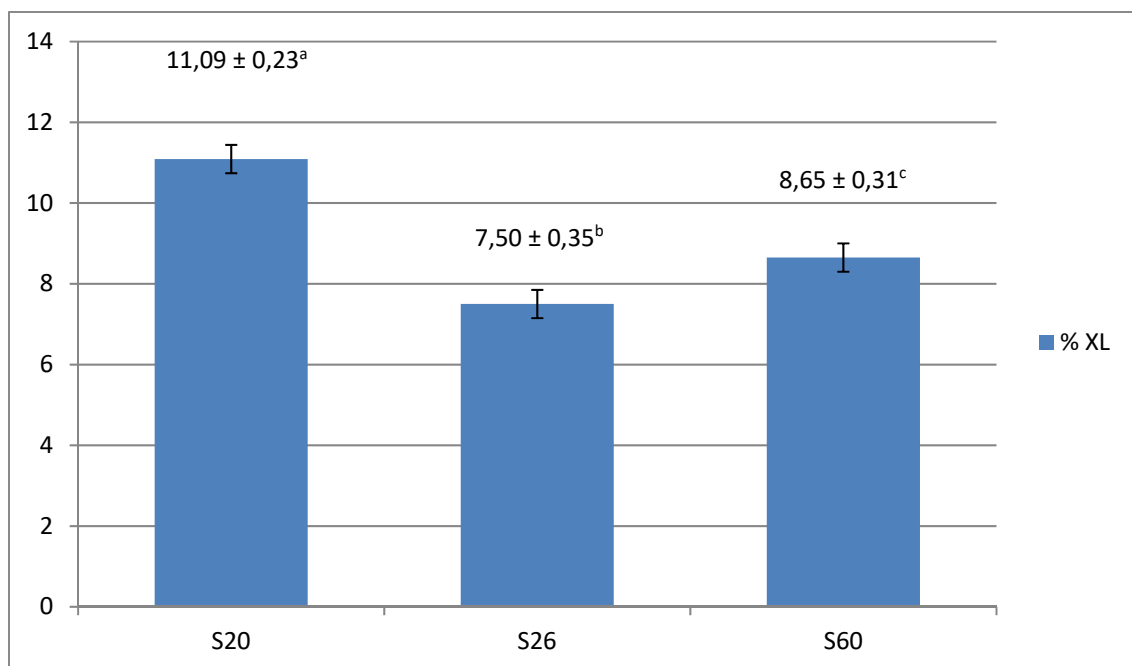
**Tabla 18.** Resultados de las variables estudiadas según el tamaño de grupo  
(media  $\pm$  error estándar)

	<b>S20 (1,5 m<sup>2</sup>)</b>	<b>S26 (2,0 m<sup>2</sup>)</b>	<b>S60 (4,5 m<sup>2</sup>)</b>
<b>% PUESTA</b>	79,60 $\pm$ 2,69	79,50 $\pm$ 1,79	84,00 $\pm$ 2,37
<b>% MORT</b>	0,08 $\pm$ 0,01	0,09 $\pm$ 0,01	0,09 $\pm$ 0,01
<b>% XL</b>	11,09 $\pm$ 0,23 <sup>a</sup>	7,50 $\pm$ 0,35 <sup>b</sup>	8,65 $\pm$ 0,31 <sup>c</sup>
<b>% L</b>	44,20 $\pm$ 0,57	43,60 $\pm$ 0,86	45,30 $\pm$ 0,76
<b>% M</b>	26,70 $\pm$ 0,56 <sup>a</sup>	31,70 $\pm$ 0,85 <sup>b</sup>	28,60 $\pm$ 0,75 <sup>a</sup>
<b>% S</b>	6,48 $\pm$ 0,59	6,35 $\pm$ 0,89	5,33 $\pm$ 0,78
<b>% SUC</b>	6,87 $\pm$ 0,20	6,31 $\pm$ 0,31	6,20 $\pm$ 0,27
<b>% ROT</b>	0,38 $\pm$ 0,03 <sup>a</sup>	0,54 $\pm$ 0,05 <sup>b</sup>	0,52 $\pm$ 0,04 <sup>b</sup>
<b>% FIS</b>	4,26 $\pm$ 0,11 <sup>a</sup>	4,14 $\pm$ 0,17 <sup>a</sup>	5,22 $\pm$ 0,15 <sup>b</sup>
<b>CONSUMO</b>	119,14 $\pm$ 0,68 <sup>a</sup>	110,23 $\pm$ 0,8 <sup>b</sup>	111,34 $\pm$ 0,57 <sup>b</sup>

%PUESTA: (huevos/día/gallina alojada); %MORT (número de bajas totales); %XL (huevos peso  $\geq$ 73 g); %L (huevos peso  $\geq$  63 g y <73 g), %M (huevos peso  $\geq$  53 g y <63 g); %S (huevos peso <53/ g); %SUC (porcentaje huevos sucios); %FIS (porcentaje huevos fisurados); %ROT (porcentaje huevos rotos); CONSUMO (g de pienso/día/gallina alojada); a, b, c letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

El porcentaje de huevos de la categoría L tuvo unos valores del 44,20% para el grupo S20, 43,60% para el grupo S26 y de 45,30% para el grupo S60, sin diferencias significativas entre ellos. En la Figura 36 se observan los valores obtenidos sobre el porcentaje de huevos XL, influidos significativamente por el tamaño del grupo, mostrando valores mayores en S20 (11,09%) que en S60 (8,65%) y S26 (7,5%).

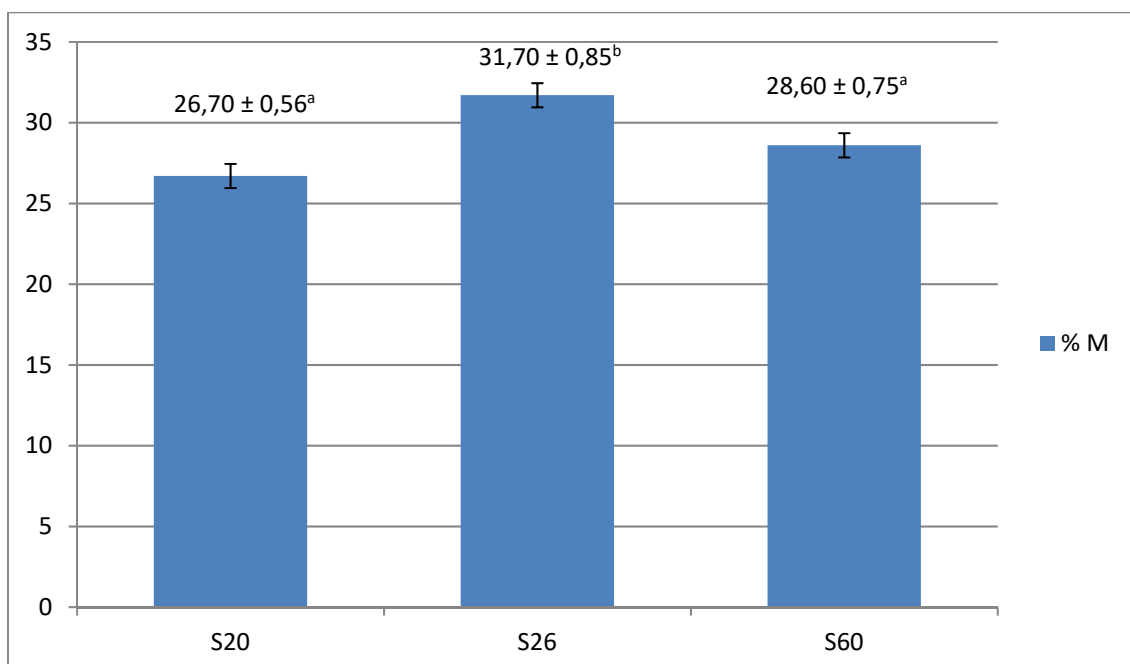
**Figura 36.** Porcentaje de huevos XL (peso  $\geq$  73 gramos) según el tamaño de grupo



Huevos XL: peso  $\geq$  73 gramos. S20: tamaño de grupo de 20 gallinas; S26: tamaño de grupo de 26 gallinas; S60: tamaño de grupo de 60 gallinas. a, b, c letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

Para los huevos de categoría M la mayor producción se obtuvo en el grupo intermedio S26, con un 31,7%, mientras que no se observaron diferencias significativas entre los grupos S20 y S60, con 26,7% y 28,6% respectivamente (Figura 37).

**Figura 37.** Porcentaje de huevos M según el tamaño de grupo

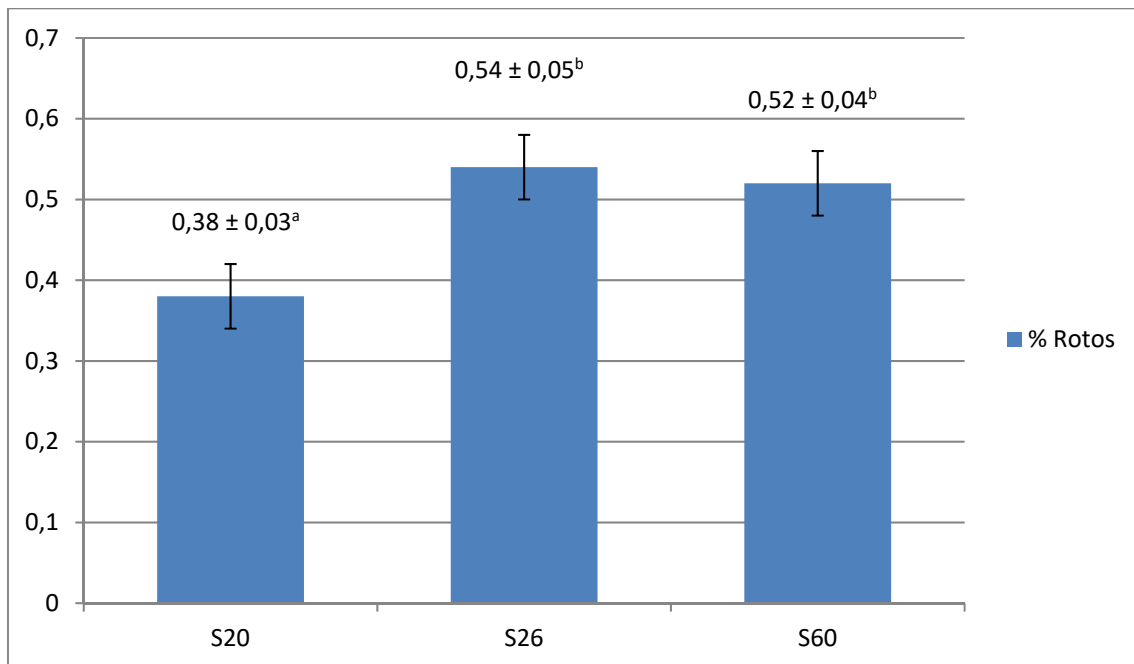


Huevos M: peso  $\geq$  53 gramos y  $<$  63 gramos. S20: tamaño de grupo de 20 gallinas; S26: tamaño de grupo de 26 gallinas; S60: tamaño de grupo de 60 gallinas. a, b, c letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

Para el porcentaje de huevos sucios los valores fueron para el grupo S20 de 6,87%, para el grupo S26 de 6,31% y para el grupo S60 de 6,20%, no presentando diferencias significativas.

Para las variables correspondientes a la integridad de la cáscara, el % de huevos rotos fue menor en S20 (0,38%) con respecto a los otros dos grupos, entre los que no se apreciaron diferencias significativas (0,54% y 0,52%, para S26 y S60 respectivamente), datos reflejados en la Figura 38.

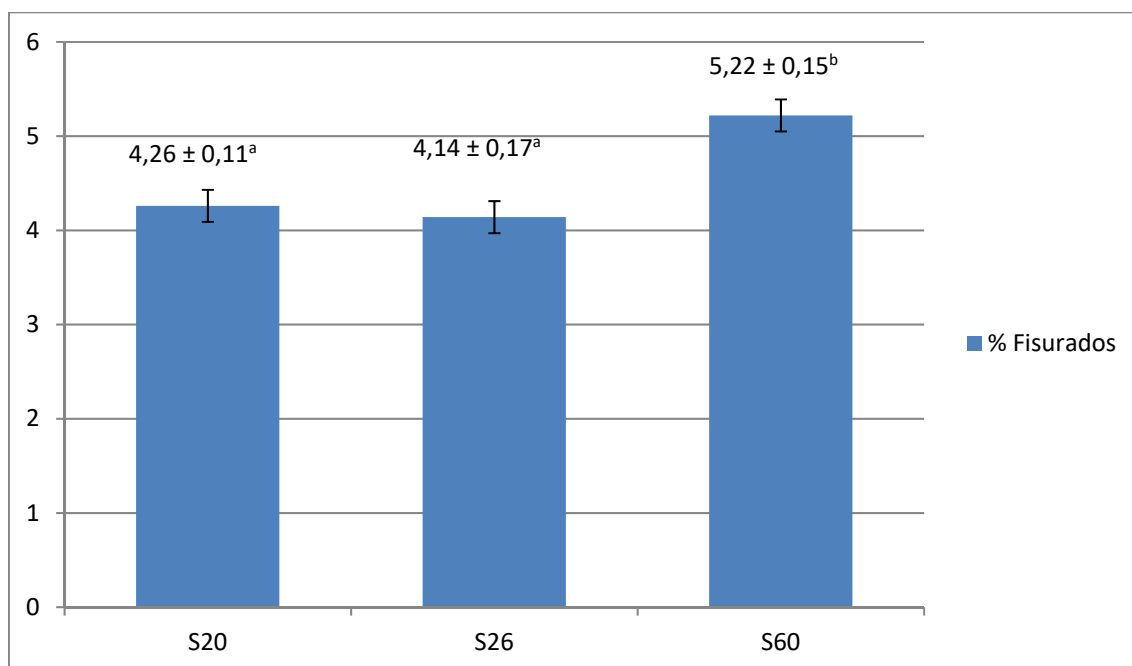
**Figura 38.** Porcentaje de huevos rotos según el tamaño de grupo



El porcentaje de huevos rotos se expresa como  $\left(\frac{HR}{HT}\right) \times 100$ , siendo HR el número total de huevos rotos y HT el número total de huevos. S20: tamaño de grupo de 20 gallinas; S26: tamaño de grupo de 26 gallinas; S60: tamaño de grupo de 60 gallinas. a, b, c letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

Respecto al % de huevos que presentaban fisuras los grupos con menor incidencia fueron el S20 y S26, con 4,26% y 4,14%, respectivamente, y ambos presentaron diferencias significativas con respecto al grupo S60, que mostró la mayor incidencia de huevos con esta alteración, con un 5,22% de los huevos afectados (Figura 39).

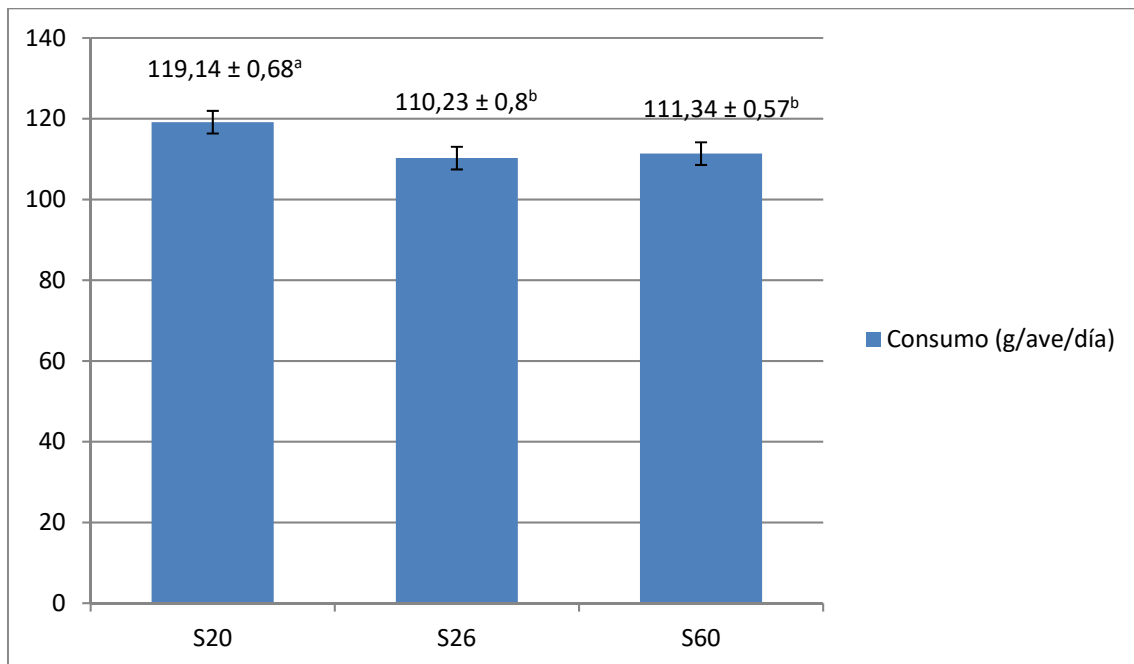
**Figura 39.** Porcentaje de huevos fisurados según el tamaño de grupo



El porcentaje de huevos fisurados se expresa como  $\left(\frac{HF}{HT}\right) \times 100$ , siendo HF el número total de huevos fisurados y HT el número total de huevos. S20: tamaño de grupo de 20 gallinas; S26: tamaño de grupo de 26 gallinas; S60: tamaño de grupo de 60 gallinas. a, b, c letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

El consumo de alimento fue significativamente mayor en el grupo de menor número de aves, S20, en el que se registraron 119,14 g/día por ave. Entre los grupos S26 y S60 no se observaron diferencias significativas, mostrando un consumo de 110,23 y 111,24 g/día, respectivamente (Figura 40).

**Figura 40.** Consumo de pienso según el tamaño de grupo



El consumo de pienso se expresa en gramos por ave y por día. S20: tamaño de grupo de 20 gallinas; S26: tamaño de grupo de 26 gallinas; S60: tamaño de grupo de 60 gallinas. a, b, c letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

## **5. DISCUSIÓN**

Si bien es cierto que actualmente existe una tendencia en la producción de huevos hacia la implantación de sistemas alternativos libres de jaulas, no por ello debemos obviar la realidad de que la producción en jaula sigue siendo la mayoritaria en gran parte de los países productores, especialmente en España. Según los datos oficiales actualizados del Ministerio de Agricultura el porcentaje de gallinas en jaula es del 73,26% (MAPA, 2021). Se encuentra abundante bibliografía comparando los distintos sistemas de producción, pero es escasa la que se ha dedicado al estudio del tamaño de grupo. El establecimiento de jerarquías, la competencia por el alimento, el picaje, incluso la recogida mecánica de los huevos, son factores a tener en cuenta para poder optimizar las producciones (Kjaer y Sørensen, 2002). Así mismo, la influencia de la edad de la gallina durante el ciclo productivo, sí que ha sido estudiada por varios autores, que han encontrado una concordancia de sus datos con los datos y premisas marcados en las Guías de Manejo de las distintas estirpes de gallinas productoras de huevos.

### **5.1 Influencia de la fase productiva**

Si analizamos nuestro trabajo comenzando por la influencia de la fase productiva, comprobamos que los datos nos indican que el porcentaje de puesta es mayor durante el periodo Medio que durante los otros dos periodos, concordando con los datos publicados por Nicodemus et al. (2012) y Vlčková et al. (2018). Estos resultados siguen el patrón clásico de la curva de puesta, en el

que el porcentaje de puesta aumenta hasta la madurez corporal de las gallinas en el periodo Medio y va disminuyendo a medida que las gallinas avanzan en su ciclo productivo, debido a la reducción de la capacidad productiva, por el esfuerzo fisiológico que han tenido que realizar, datos corroborados por Nicol et al. (2006). Este esfuerzo y desgaste de las gallinas hacia el final de su vida productiva nos muestran datos de una mayor tasa de mortalidad en la fase Final frente a las fases Inicial y Media, datos comparables por los indicados por Hernández (2010), observados también en otros trabajos (Castelló, 2010a; Nicol et al., 2006).

El correcto manejo es un factor esencial para la viabilidad del lote. Si el manejo durante todas las fases el ciclo de puesta no es correcto, principalmente en lo relacionado con la bioseguridad interna y externa, el correcto establecimiento del ciclo lumínico, carencias nutricionales que provoquen debilidad ósea o metabólica y aumente el picaje, se limita la capacidad productiva y de durabilidad de la gallina, no permitiéndole expresar todo su potencial genético (Blokhuis et al. 2007).

El peso del huevo, categorizado como XL, L, M y S presentó variaciones influenciadas por el periodo de la fase de puesta. Las gallinas en el periodo Inicial, por su propia inmadurez corporal, tienden a poner un porcentaje más elevado de huevos de menor peso. En el estudio se constató este punto, ya que se obtuvo un valor significativamente mayor de huevos S y huevos M en el periodo Medio, confirmando lo indicado por Gerber (2005) y Roberts et al. (2013). La falta de madurez del ovario de la gallina en las fases iniciales podría explicar,

en parte, esta puesta de huevos de menor peso, así como la aparición de huevos de dos yemas al inicio del periodo de puesta (Tumova et al., 2009,), consiguiéndose el mayor porcentaje de huevos de menor peso a las 26 semanas (Vlcková et al. 2018). El tamaño del huevo, una vez alcanzada la madurez de desarrollo corporal, aumenta con la edad de la gallina (Guesdon y Faure, 2014). Un factor importante para conseguir aumentar ese porcentaje de huevos de mayor tamaño, con un más alto valor comercial, es retrasar la entrada a producción del lote, retrasando el inicio del estímulo lumínico, para conseguir una madurez sexual plenamente establecida y que las aves comiencen la puesta con mayor peso vivo, tal y como determinaron García et al. (2016), trabajo en que obtuvo un aumento significativo del peso del huevo cuando comparó lotes con pesos al inicio de la puesta de entre 1.500 - 1.600 gramos y 1.735 - 1.820 gramos.

Por otro lado, el número de huevos fisurados y rotos también se incrementó durante el período Final. La formación de la cáscara con el depósito de calcio en el útero se ve condicionado por factores internos de la gallina, como el tiempo de oviposición (momento del día), edad de la gallina y genotipo, y factores externos, como el alojamiento, la nutrición o el ambiente (Campo et al., 2007). Tumova et al. (2007) determinaron que aves muy jóvenes con las glándulas uterinas inmaduras pueden producir huevos en fáfara o huevos con una cáscara más delgada, encontrando que el peso de la cáscara de huevo aumentó con la edad de la gallina, con las cáscaras de huevo más pesadas, con 6,67 g a la edad de 56 a 60 semanas, en comparación con los 5,05 g a las 20-24 semanas de edad. Estos datos no contradicen necesariamente nuestra

afirmación, ya que Tumova et al. (2007) apreciaron una disminución de la resistencia de la cáscara de huevo ( $3,33 \text{ kg/cm}^2$ ) en gallinas más viejas en comparación con las más jóvenes ( $3,60 \text{ kg/cm}^2$ ). Britton (1977) encontró que el grosor de la cáscara fue significativamente inferior en huevos de gallinas de más edad. Los huevos de gran tamaño por lo general se rompen más fácilmente que los pequeños. La razón principal de esto es que la gallina es genéticamente capaz de depositar una cantidad finita de calcio en la cáscara. A medida que la gallina envejece y los huevos crecen, una cantidad similar de calcio tiene que ser repartida en una superficie mayor de cáscara, viéndose afectada, en ocasiones, la microestructura de las capas de la cáscara, provocando su debilitamiento (Butcher y Miles, 2018). Roberts (2004) analizó algunos factores que afectan a la calidad de la cáscara y concluyó que el tamaño del huevo aumenta con la mayor edad de la gallina, pero el aumento en el peso del huevo no se acompaña de un aumento equivalente en el peso de la cáscara, de modo que la relación entre el peso de la cáscara y el peso del huevo, denominada como porcentaje de cáscara, disminuye. También Roberts (2004) plantea como hipótesis que la eficiencia del proceso de calcificación del huevo empeora con la edad y lo relaciona con la actividad de la hidroxicolecalciferol hidroxilasa, enzima implicada en la homeostasis del calcio. Sohail y Roland (2002) afirmaron que la absorción de fósforo disminuye con la edad, lo cual afecta a la formación de la cáscara del huevo. Las diferencias en la calidad de la cáscara del huevo y edad de la gallina entre los estudios pueden estar relacionadas con el genotipo y condiciones experimentales (Butcher, 2018).

Los datos obtenidos referidos a un mayor porcentaje de huevos sucios durante el periodo Final se contradicen con lo referido por Coutts y Wilson (2007), que manifiesta una mayor incidencia de huevos sucios, sobre todo manchados por sangre en las aves más jóvenes. Creemos que esta disparidad en nuestros resultados puede ser debida a defectos de manejo, principalmente situaciones de estrés, que hubieran podido afectar a las aves de mayor edad, por su especial sensibilidad. Es también importante la influencia de los equipos y sistemas de recogida y transporte de los huevos (Wall et al., 2002; Gerber, 2005), que es posible que se encuentren más sucios y menos ajustados al final del periodo de puesta.

Los resultados obtenidos en cuanto al consumo de alimento a lo largo de la curva de puesta se explican por la influencia del peso vivo metabólico en la determinación de las necesidades nutricionales, siendo este peso vivo menor en la etapa Inicial (Santomá et al. 2018). El mayor nivel de consumo de pienso en las fases Media y Final también concuerda con lo expuesto por Barragán (2010), en cuyo trabajo relaciona el consumo de pienso con el tamaño y la masa de huevo, que es mayor para las edades más avanzadas. Hernández (2010) expone la conveniencia de administrar al menos dos tipos de pienso en la producción de huevos, en función de los siguientes aspectos: el consumo de las aves, el nivel de producción de huevos, el peso de los huevos, el peso de las aves y las condiciones ambientales, factores que, excepto el relativo a las condiciones ambientales, aumentan con la edad de la gallina. El propio Hernández expone que el consumo de pienso en las fases iniciales de la producción es menor, relacionado con el peso corporal, el tamaño del huevo y una alta frecuencia de

“enteritis metabólica” en el entorno del pico de puesta por los cambios por la ingesta de calcio.

Los datos de mayor mortalidad en el periodo Final concuerdan con los trabajos de Castelló et al. (2010) y de Nicol et al. (2006), y esto se debe a la mayor edad y al mayor esfuerzo productivo de las gallinas en ese periodo.

## **5.2 Influencia del tamaño de grupo**

En nuestro experimento se planteó la hipótesis de que grupos más grandes podrían tener mayor mortalidad y menor porcentaje de puesta debido al mayor estrés y a la mayor probabilidad de agresiones por la jerarquía entre animales, pero el tamaño del grupo no tuvo efecto sobre los valores de porcentaje de puesta o sobre la mortalidad. Nuestros resultados fueron similares a los obtenidos por otros autores (Wall et al., 2002; Nicodemus et al., 2012; Hunneau-Salaün et al., 2011; Widoswski et al., 2017). Los trabajos de Wall (2002) y Nicodemus (2012) no son representativos para nuestra comparación, ya que emplean lotes muy pequeños de gallinas: 4 - 5 aves en Nicodemus y 4 - 6 - 8 gallinas en el trabajo de Wall, tamaños de grupo no utilizados de forma habitual en las explotaciones. Así mismo la superficie por ave en el trabajo de Nicodemus fue de 571,5 cm<sup>2</sup> para el lote de 4 gallinas y de 457,2 cm<sup>2</sup> en el lote de 5 aves, valor que no se adapta al mínimo de los 750 cm<sup>2</sup> que obliga la normativa (Real Decreto 3/2002). El experimento más equiparable al realizado por nosotros, y con resultados muy similares, fue el expresado por Hunneau-Salaün (2011), empleando lotes de 20 – 40 – 60 gallinas. Por el contrario, Vits et

al. (2005) encontraron diferencias en la producción cuando se compararon diferentes tamaños de grupos. En este último estudio se utilizaron tres jaulas diferentes y los grupos de gallinas fueron de 10, 20, 40 y 60 animales, todos con la misma densidad ( $750 \text{ cm}^2/\text{ave}$ ), encontrando un mayor porcentaje de puesta en el grupo de 20 aves. En contraposición Nicol et al. (2006) constataron una mayor mortalidad en aves en grupos de menor tamaño, realizando un experimento con lotes de 7 – 9 – 12 gallinas por  $\text{m}^2$ , con unas densidades de 1.428, 1.111 y 833  $\text{cm}^2$  por ave respectivamente. Nicol atribuye sus resultados de mayor mortalidad en el grupo de menor densidad de aves al daño en el plumaje y al picaje que encontró.

El grupo S20 fue el que reportó los mayores valores de consumo de alimento, con unas diferencias de 8,91 gramos con el grupo de 26 aves y de 7,80 gramos con el grupo S60. Este mayor consumo de pienso para el grupo S20 podría ser considerado de escasa relevancia práctica, ya que los 8,91 g/gallina/día de mayor consumo representarían un aporte extra de 1,34 kilos de pienso diarios para un lote de 150.000 gallinas. Vits et al. (2005) también obtuvieron un mayor consumo de alimento en grupos de 10 gallinas en comparación con lotes de 40-60 gallinas. Este resultado puede explicarse por dos razones: primero, cuanto mayor es el grupo de animales mayor es la competitividad por el alimento, por lo que en grupos pequeños las gallinas tienen mayor disponibilidad de los comederos; en segundo lugar, a menor superficie disponible las gallinas priorizan su comportamiento en el acceso a los comederos en lugar de hacia el picaje de las plumas de otras aves. Esta última explicación no estaría de acuerdo con los resultados encontrados por Hetland et al. (2003),

quienes consideran que la actividad de las aves en grupos más grandes provoca un mayor consumo de alimento, junto con una menor utilización del alimento, debido principalmente al mayor picaje. Esta tesis no es compartida por Meng et al. (2015) que refieren que el mayor tamaño de grupo puede aumentar la competencia social de las gallinas por los recursos, como perchas altas o la zona de baño de polvo y esta actitud significaría menos tiempo para alimentarse. Nuevamente, nuestros resultados no concuerdan con los de Hunneau-Salaün et al. (2011) quienes no encontraron diferencias al comparar grupos de 20, 40 y 60 gallinas.

El mayor tamaño del huevo, marcado por el mayor porcentaje de huevos de peso XL, en las jaulas S20 concuerda con el mayor consumo de alimento encontrado en este grupo. Cuanto mayor es la disponibilidad de nutrientes y energía, las gallinas son más capaces de poner huevos con más peso. Además, las gallinas alojadas en jaulas más pequeñas no consumen tanta energía en el desarrollo de movimientos o patrones de comportamiento, asignando esa energía a la producción (Meng et al., 2015). Mench et al. (1985) también describieron que el peso del huevo es mayor en grupos más pequeños de aves. Sin embargo, otros estudios (Nicodemus et al., 2012; Vits et al., 2005) informaron que, en jaulas con grupos más grandes, las gallinas produjeron huevos más pesados que en aquellas con grupos con menor número de gallinas. En cualquier caso, en los experimentos desarrollados por Vits et al. (2005), las diferencias entre las condiciones experimentales de los diferentes grupos también incluyeron un modelo de jaula diferente, sin diferencias entre los grupos cuando el modelo de jaula utilizado fue el mismo, y en el caso de Nicodemus el pequeño

tamaño de grupo (4 y 5 gallinas) no permite considerar las diferencias como relevantes.

Los mejores resultados de los grupos más pequeños de gallinas en términos de calidad del huevo (mejores resultados en cuanto a huevos rotos y fisurados) son consistentes con estudios en los que las jaulas más pequeñas ofrecieron mejores valores de calidad del huevo (menos huevos sucios, rotos y fisurados) (Wall, 2011; Abrahamsson y Tauson, 1997). Los resultados de calidad de huevo obtenidos en jaulas más grandes podrían deberse a un menor uso de los nidales por parte de las gallinas, debido a las jerarquías y competencia entre ellas, lo que aumentaría el número de huevos puestos fuera de los nidos lo que provoca un mayor riesgo de sufrir daños por parte de las propias aves al haber mayor número de gallinas que pueden interactuar negativamente con los huevos, (Wall, 2011; Meng et al., 2015). Varios autores consideran significativo el aumento del estrés en las gallinas alojadas en grandes grupos, lo que también influiría en las alteraciones del cascarón (Appleby y Hughes, 1991; Roberts, 2004; Rodenburg y Koene, 2006). Otro aspecto importante a considerar es contar con un adecuado sistema de recogida de huevos para evitar que se acumulen en los nidos, con el fin de reducir el riesgo de afectar la calidad externa e integridad de los huevos. Algunos problemas de diseño de las cintas de recogida y transporte, así como en la banda de protección y las cortinas de los nidos también pueden agravar ese problema (Wall y Tauson 2002). En su trabajo Vits et al. (2005) encontraron que la mayor frecuencia de huevos rotos se obtuvo en grupos de 60 aves debido a la acumulación de huevos antes de la recolección. Estudios posteriores reportaron mayor número de huevos sucios en grupos más

pequeños, debido al diseño del nido y la presencia del baño de arena en las jaulas (Li et al., 2017), aunque estas diferencias no se observaron en nuestro estudio, en cuyas jaulas no aparece un baño de arena, sino la estructura plástica que lo sustituye.

## **6. CONCLUSIONES**

1.- El tamaño del grupo influyó en el peso del huevo y la calidad de la cáscara. En este sentido, aunque implicó un ligero aumento de los costes de alimentación, un tamaño de grupo de 20 gallinas logró mayor cantidad de peso de huevo XL y menor cantidad de huevos rotos y fisurados.

2.- La fase productiva del período de puesta influyó en el rendimiento de las gallinas en términos de porcentaje de puesta y peso y calidad del huevo. El porcentaje de puesta fue significativamente mayor durante el período Medio. La variable %XL presentó los valores más altos durante el período Final. En la fase Final se encontró un mayor porcentaje de mortalidad. El consumo de alimento fue significativamente mayor en los períodos Medio y Final.

## 7. REFERENCIAS

- Abrahamsson, P. y Tauson, R. (1997). Effects of group size on performance, health and birds' use of facilities in furnished cages for laying hens. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A – Animal Science*, 47, 254-260. <https://doi.org/10.1080/09064709709362394>
- Alcalde, J.A. (2007). Orígenes de la gallina Araucana: ¿europea, asiática o polinesia?. *Selecciones Avícolas*. Octubre 2007, 639-641.
- Appleby, M.C. y Hughes, B.O. (1991). Welfare of laying hens in cages and alternative systems: environmental, physical and behavioural aspects. *World's Poultry Science Journal*, 47, 109-128. <https://doi.org/10.1079/WPS19910013>
- Arango, J. (5-7 de marzo de 2013). Programas de iluminación en ponedoras. Diseño estratégico en levante y su efecto en postura. [Sesión de conferencia]. Primera Escuela Técnica Internacional. Avicol Hy Line. Bogota.
- Atienza, E. (1995). Los reproductores de estirpes pesadas: cría – recría y puesta. En C. Buxadé (Ed.) *Zootecnia bases de producción animal. Tomo V. Avicultura clásica y complementaria* (pp. 58-67). Mundi Prensa.
- Barragán, J. I. (2010). Suministro de pienso y agua a las ponedoras. En J.A. Castelló (Ed.). *Producción de Huevos* (pp. 189-199). Real Escuela de Avicultura.

Barroeta, A.C., Izquierdo, D. y Pérez, J. F. (2009). Manual de Avicultura. Breve manual de aproximación a la empresa avícola para estudiantes de veterinaria. *Universidad Autónoma de Barcelona*. <https://es.readkong.com/page/manual-de-avicultura-5451073>

Barroeta A.C. (2010). El huevo de gallina. En J.A. Castelló (Ed.). *Producción de Huevos* (pp. 34-35). Real escuela de Avicultura.

Blokhuis, H.J.; van Niekerk, T.F.; Bessei, W.; Elson, A.; Guemene, D.; Kjaer, J.B.; Levrino, G.A.M.; Nicol, C.J.; Tauson, R.; Weeks, C.A.; *et al.* (2007). The LayWel project: Welfare implications of changes in production systems for laying hens. *World's Poultry Science Journal*, 63, 101–114. <https://doi.org/10.1017/S0043933907001328>

Botting, D. (2018). Entendiendo la iluminación: guía sobre los leds y otros puntos de luz. *Selecciones Avícolas*. Marzo 2018. <https://seleccionesavicolas.com/avicultura/2018/03/entendiendo-la-iluminacion-sobre-los-leds-y-otros-puntos-de-luz>

- Brandao, M.D.M., Santos, F.F., Machado, L.S., Verinaud, M.S., Oliveira, J.M., Soares, N.M., Nascimento, E.R. y Pereira, V.L.A. (2014). The effect of eggshell apex abnormalities on table egg quality during storage in 2 seasons of the year. *Poultry Science*, 93, 2657-2662. <http://doi.org/10.3382/ps.2014-03991>
- Braulio, P. (2019). Manejo de la luz en gallinas ponedoras. *Plumazos. Revista de la Asociación Colombiana de Médicos Veterinarios Especialistas en Avicultura (AMEVEA)*, 67, 28-38.
- Britton, W.M. (1977). Shell membranes of eggs differing in shell quality from young and old hens. *Poultry Science*, 56, 647-653. <https://doi.org/10.3382/ps.0560647>
- Butcher, G.D. y Miles, R. (2018). Concepts of eggshell quality. Veterinary Medicine-Large Animal Clinical Sciences Department. University of Florida. <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/VM013>
- Buxadé, C. (1995). La avicultura de puesta en España. En C. Buxadé (Ed.) *Zootecnia bases de producción animal. Tomo V. Avicultura clásica y complementaria* (pp. 175-179). Mundi Prensa.

- Campo, J.L., Gil, M.G. y Dávila, S.G. (2007). Differences among white, tinted, and Brown egg laying hens for incidence of eggs laid on the floor and for oviposition time. *Archiv für Geflügelkunde*, 71 (3). 105-109.
- Carmichael, N.L., Walker, A.W. y Hughes, B.O. (1999). Laying hens in large flocks in a perchery system: influence of stocking density on location, use of resources and behaviour. *British Poultry Science*, 40. 165–176.  
<https://doi.org/10.1080/00071669987566>
- Castelló, J.A. (2010a). Estructuración de la avicultura de puesta. En J.A. Castelló (Ed.). *Producción de Huevos* (pp. 48-49). Real Escuela de Avicultura.
- Castelló, J.A. (2010b). Factores económicos de la producción de huevos. En J.A. Castelló (Ed.). *Producción de Huevos* (pp. 487-493). Real Escuela de Avicultura.
- Cavero, D. (2012). La vida productiva de la gallina, hoy y en el futuro. *Selecciones Avícolas*, 54, 7, pp109-121. <https://seleccionesavicolas.com/pdf-files/2012/7/6804-la-vida-productiva-de-la-gallina-hoy-y-en-el-futuro.pdf>
- Cepero, R. (1995). Las bases de la formación del huevo. En C. Buxadé (Ed.) *Zootecnia bases de producción animal. Tomo V. Avicultura clásica y complementaria* (pp. 79-95). Mundi Prensa.

Cepero, R. (2010). Nutrición y Alimentación Animal en Sistemas Extensivos en Avicultura. Asociación española de ciencia avícola (AECA-WPSA). [https://www.wpsa-aeca.es/aeca\\_imgs\\_docs/02\\_10\\_26\\_Nutricion\\_animal\\_cepero.pdf](https://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/02_10_26_Nutricion_animal_cepero.pdf)

Cepero, R.; Hernández, A. (11-13 de mayo de 2015). Effects of housing systems for laying hens on egg quality and safety. XXII European Symposium on the Quality of Poultry Meat and XVI European Symposium on the Quality of Eggs and Egg products, WPSA, Nantes, France.

Chenut, R. (24-25 de octubre de 2013). Production cost of eggs in France. 4th European Round Table on Poultry Economics. World Poultry Science Association (WPSA), Zollikofen, Switzerland,

Coutts, J. A y Wilson, G.C. (2007). *Optimum egg quality: a practical approach*. 5M Publishing.

Dekker, S.E.M., de Boer, I.J.M., Vermeij, I., Aarnink, A.J.A. y GrootKoerkamp, P.W.G. (2011). Ecological and economic evaluation of Dutch egg production systems. *Livestock Science*, 139, 109-121. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.03.011>

De Reu, K., Rodenburg, T.B., Grijspeerdt, K., Messens, W., Heyndrickx, M. y Tuytens, F. A. M., Sonck, B., Zoons, J. y Herman, L. (2009). Bacteriological contamination, dirt, and cracks of eggshells in furnished cages and noncage systems for laying hens: An international on-farm comparison. *Poultry Science*, 88, 2442–2448. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.03.011>

Directiva 1999/74/CE del Consejo de la Unión Europea. Por la que se establecen las normas mínimas de protección de las gallinas ponedoras. «DOCE» núm. 203, de 3 de agosto de 1999, páginas 53 a 57.

Eun-Ok, J., Jong-Nyeo, K., Hae-Rim, L., Bon-Sang, K., Kyeong-Cheol, M., Moo-Sung, H., Seung-Baek, L., Yeon-Ji, B., Jong-Suk, M., Sun-Hyung, C., Chang-Hee, L. e In-Pil, M. (2014). Eggshell apex abnormalities associated with *Mycoplasma synoviae* infection in layers. *Journal of Veterinary Science*, 15(4), 579-582. <http://doi.org/10.4142/jvs.2014.15.4.579>

Fuentes, P. (1995). Condiciones medioambientales en los alojamientos para ponedoras. En C. Buxadé (Ed.) *Zootecnia bases de producción animal. Tomo V. Avicultura clásica y complementaria* (pp. 245-265). Mundi Prensa.

Gallina Castellana Negra. 2020. <https://www.tri-tro.com/el-huevo-gallina-castellana/>

- García, D.M., Colas, M.C., López, W. S., Pérez, E. O. R., Sánchez, A. P., M. C. P. Lamazares, M. C. P. y Grandía, R.G. (2016). El peso corporal y su efecto sobre indicadores bioproductivos en gallinas white leghorn L33. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 63(3), 188-200. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v63n3.62714>.
- García, J. (2010). La calidad del huevo. En J.A. Castelló (Ed.). *Producción de Huevos* (pp. 385). Real escuela de Avicultura.
- Gerber, N. (2005). Factors affecting egg quality in the commercial laying hen: a review. *Egg Producers Federation of New Zealand (Inc) / Poultry Industry Association of New Zealand*. [https://eggfarmers.org.nz/wp-content/uploads/2012/04/factors\\_affecting\\_egg\\_quality.pdf](https://eggfarmers.org.nz/wp-content/uploads/2012/04/factors_affecting_egg_quality.pdf)
- Giménez, I. (2018). *Efecto biológico de la FSH recombinante de codorniz común en la inducción del ciclo ovárico en aves*. Tesis de Doctorado Universidad de Valencia. Repositorio institucional Roderic - Universidad de Valencia.
- Girón, J. (2006). Enfermedades víricas con sintomatología respiratoria. En Biarnés, M.M. (Ed.). *Higiene y patología Aviar* (pp. 137-143). Real escuela de Avicultura.
- Guesdon, V. y Faure, J. M. (2014). Laying performance and egg quality in hens kept in standard or furnished cages. *Animal Research*, 53, 45-57. <https://doi.org/10.1051/animres:2003045>

Guía de manejo ponedoras comerciales Hy Line Brown (2018).  
<https://www.hyline.com/filesimages/Hy-Line-Products/Hy-Line-Product-PDFs/Brown/BRN%20COM%20SPN.pdf>

Guo, Y.Y., Song, Z.G., Jiao, H.C., Song, Q.Q. y Lin, H. (2012). The effect of group size and stocking density on the welfare and performance of hens housed in furnished cages during summer. *Animal Welfare*, 21, 41-49.  
<https://doi.org/10.7120/096272812799129501>

Hernández, A. (2010a). Manejo de las ponedoras en sistemas alternativos. En J.A., Castelló (Ed.). *Producción de huevos* (pp. 253-280). Real Escuela de Avicultura.

Hernández, A. (2010b). Manejo de las ponedoras en baterías. En J.A., Castelló (Ed.). *Producción de huevos* (pp. 227-252). Real Escuela de Avicultura.

Hetland, H., Svihus, B., Lervik, S. y Moe, R. (2003) Effect of feed structure on performance and welfare in laying hens housed in conventional and furnished cages. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A - Animal Science*, 53,2, 92-100. <https://doi.org/10.1080/09064700310002387>

Hincke, M.T., Nys, Y., Gautron, J., Mann, K., Rodriguez-Navarro, A. y McKee, M.D. (2012). The eggshell: structure, composition and mineralization. *Frontiers in Bioscience* 17, 1266-1280. <https://doi.org/10.2741/3985>

- Huneau-Salaün, A., Guinebretière, M., Taktak, A., Huonnic, D. y Michel, V. (2011). Furnished cages for laying hens: study of the effects of group size and litter provision on laying location, zootechnical performance and egg quality. *Animal*, 5:6, 911–917. <https://doi.org/10.1017/S1751731110002582>
- Huyghebaert, G. (2006). Fisiología de la puesta, con énfasis en la calidad de la cáscara. *Selecciones Avícolas*, abril 2006, 227-230. <https://seleccionesavicolas.com/pdf-files/2006/4/1963-fisiologia-de-la-puesta-con-enfasis-en-la-calidad-de-la-cascara.pdf>
- Ketta, M. y Tůmová, E. (2016). Eggshell structure, measurements, and quality-affecting factors in laying hens: a review. *Czech Journal of Animal Science*, 61, 299-309. <https://doi.org/10.17221/46/2015-CJAS>
- Kjaer, J.B. y Sørensen, P. (2002). Feather picking and cannibalism in free range laying hens as affected by genotype, dietary level of methionine + cysteine, light intensity during rearing and age of first access to the range area. *Applied Animal Behaviour Science*, 76, 21-39. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(01\)00209-X](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(01)00209-X)
- Lera, R. (2010a). La granja de multiplicación, base de la producción de huevos. En J.A. Castelló (Ed.). *Producción de Huevos* (pp.116). Real escuela de Avicultura.
- Lera, R. (2010b). Los resultados de la producción y sus controles. En J.A. Castelló (Ed.). *Producción de Huevos* (pp.191). Real escuela de Avicultura.

- Lewis, P. (2009). Iluminación para Reproductoras Pesadas. AVIAGEN.  
[http://eu.staging.aviagen.com/assets/Tech\\_Center/BB\\_Foreign\\_Language\\_Docs/Spanish\\_TechDocs/Aviagen-Iluminacin-Reproductoras-Pesadas-2009.pdf](http://eu.staging.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/Aviagen-Iluminacin-Reproductoras-Pesadas-2009.pdf)
- Li, X., Chen, D., Meng, F., Su, Y., Wang, L., Zhang, R., Li, J. y Bao, J. (2017). Exterior egg quality as affected by enrichment resources layout in furnished laying-hen cages. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 30(10), 1495–1499.  
<https://doi.org/10.5713/ajas.16.0794>
- LLotja de Bellpuig. (2022). Cotizaciones semanales. 19 al 25 de septiembre 2022. Recuperado el 28 de septiembre de 2022 de <https://www.llotjabellpuig.com/es/cotizaciones/huevos-m/>
- Martín, N. (2019). *Fisiología de la puesta de la gallina*. *Veterinaria Digital*.  
<https://www.veterinariadigital.com/articulos/fisiologia-de-la-puesta-de-la-gallina/>
- Martines, A., Romera, B.M., Lagostera, M.G., Canet, Z.E., Dottavio, A.M. y Di Masso, R.J. (2018). Curvas de postura de tres genotipos de gallinas ponedoras destinadas a sistemas semi-extensivos, en la fase de persistencia [Sesión de conferencia]. VI Jornada de difusión de la investigación y extensión. Santa Fé. Argentina

Martínez, J.C. (2015). Sobre Lucio Junio Moderato Columela y su obra - Digital CSIC.

<https://digital.csic.es/bitstream/10261/113267/13/7-%20Columela-Libros%20Agricultura.pdf>

Mashaly, M., Webb, M. Youtz, S., Roush, W. y Graves, H.B. (1984). Changes in serum corticosterone concentration of laying hens as a response to increased population density. *Poultry Science* 63. 2271-2274.

<https://doi.org/10.3382/ps.0632271>

Matthews, W.A.; Sumner, D.A. Effects of housing system on the costs of commercial egg production. *Poultry Science*, 94, 552–557.

<https://doi.org/10.3382/ps/peu011>

Mench, J.A., van Tienhoven, A., Marsh, J.A., McCormick, C.C., Cunningham, D.L. y Baker, R.C. (1985). Effects of cage and floor pen management on behavior, production, and physiological stress responses of laying hens. *Poultry Science*, 65, 1058-1069.

<https://doi.org/10.3382/ps.0651058>

Meng, F., Chen, D., Li, X., Li, J. y Bao, J. (2015). Effects of large or small furnished cages on performance, welfare and egg quality of laying hens. *Animal Production Science*, 55, 793–798.

<http://doi.org/10.1071/AN13552>

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). (2020). “Informe del consumo de alimentación en España 2020”.

[https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-tendencias/informe-anual-consumo-2020-v2-nov2021-baja-res\\_tcm30-562704.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-tendencias/informe-anual-consumo-2020-v2-nov2021-baja-res_tcm30-562704.pdf)

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). (2021). “El sector de la avicultura de puesta en cifras: principales indicadores económicos 2021”.

[https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/indicadorespuesta2020\\_parapublicar\\_tcm30-381335.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/indicadorespuesta2020_parapublicar_tcm30-381335.pdf)

Molnár, A., Zoons, J., Buyse, J. y Delezie, E. (2018). Extendiendo el ciclo de puesta de las gallinas ponedoras. *Selecciones Avícolas*, enero 2018, 14-17.

<https://seleccionesavicolas.com/pdf-files/2018/1/14-17-extendiendo-el-ciclo-de-puesta-de-las-gallinas-ponedoras-SA201801.pdf>

Molnár, S y Szöllősi, L. (2020). Sustainability and Quality Aspects of Different Table Egg Production Systems: A Literature Review. *Sustainability*, 12, 7884;

<https://doi.org/10.3390/su12197884>

Montaner, L., Montaner, C., y Tudela, M.L. (2002). *Murcia: una región al borde del Mediterráneo*. Ediciones de la Universidad de Murcia.

- Murcia, H.W. (2009). Importancia de las inmunoglobulinas aviares y sus aplicaciones en inmunoensayos. *Teoría y Praxis Investigativa*, vol. 4, 2, 19-26.
- Navalón, J.L. (1995). Nociones de racionamiento en gallinas ponedoras comerciales. En C. Buxadé (Ed.) *Zootecnia bases de producción animal. Tomo V. Avicultura clásica y complementaria* (pp. 295). Mundi Prensa.
- Nicodemus, N., Callejo, A., Blanco, D. y Buxadé, C. (marzo de 2012). *Efecto de la densidad de gallinas por jaula y de la estirpe sobre la producción y la calidad del huevo* [Sesión de conferencia]. 5ª reunión Asociación de Especialistas en Ciencias Avícolas del Centro de México (AECACEM). Querétaro, México.
- Nicol C.J., Brown, S.N., Glen, E., Pope, S.J., Short, F.J., Warris, P.D., Zimmerman, P.H. y Wilkins, L.J. (2006). Effects of stocking density, flock size and management on the welfare of laying hens in single-tier aviaries. *British Poultry Science*, 47:02. 135-146. <https://doi.org/10.1080/00071660600610609>
- Nys, J., Zawadzki, J., Gautron, J. y Nolls, A.D. (1991). Whitening of Brown-Shelled Eggs: Mineral Composition of Uterine Fluid and Rate of Protoporphyrin Deposition. *Poultry Science*, 70, 1236-1245. <https://doi.org/10.3382/ps.0701236>

Nys, Y., Gautron, J., García-Ruiz, J.M. y Hincke, M.T. (2004). Avian eggshell mineralization: biochemical and functional characterization of matrix proteins. *Comptes Rendus Palevol*, 3, 569-562. <https://doi.org/10.1016/j.crpv.2004.08.002>

Nys, Y., Gautron J. (2007) Structure and Formation of the Eggshell. In: Huopalahti R., López-Fandiño R., Anton M., Schade R. (eds). *Bioactive Egg Compounds*. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-37885-3\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-540-37885-3_15)

Oguntunji, O. y Alabi, O. (2010) Influence of high environmental temperature on egg production and shell quality: a review. *World's Poultry Science Journal*, 66,739-749. <https://doi.org/10.1017/S004393391000070X>

Organización Interprofesional del Huevo y sus Productos (INPROVO). (2018). Encuesta Huevómetro 2018. [https://www.inprovo.com/wp-content/uploads/2018/10/Presentacion\\_huevometro-2018.pdf](https://www.inprovo.com/wp-content/uploads/2018/10/Presentacion_huevometro-2018.pdf)

Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA). (2021). Código Sanitario para los Animales Terrestres. Título 7. Cap. 7.1. [https://www.oie.int/fileadmin/Home/esp/Health\\_standards/tahc/current/es\\_sommaire.htm](https://www.oie.int/fileadmin/Home/esp/Health_standards/tahc/current/es_sommaire.htm)

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (F.A.O.).

Datos de producción de huevos de gallina año 2020. Recuperado el 9 de septiembre de 2022 de <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>

Órtiz-García, A. (1995). La gallina ponedora: ciclos de puesta. En C. Buxadé (Ed.) *Zootecnia bases de producción animal. Tomo V. Avicultura clásica y complementaria* (pp. 191-207). Mundi Prensa

Pollock CG, Orosz SE. Avian reproductive anatomy, physiology and endocrinology. *Vet Clin North Am Exot Anim Pract.* 2002 Sep;5(3):441-74. doi: 10.1016/s1094-9194(02)00010-5.

Ramírez, L.A. (2002). Fisiología reproductiva y problemas de luz. Asociación española de ciencia avícola (AECA-WPSA). [https://www.wpsa-aeca.es/aeca\\_imgs\\_docs/wpsa1237983098a.pdf](https://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/wpsa1237983098a.pdf)

Real Decreto 3 de 2002. Por el que se establecen las normas mínimas de protección de las gallinas ponedoras. 11 de enero de 2002. «BOE» núm. 13, de 15 de enero de 2002.

Reglamento (CE) nº 834/2007 del Consejo de la Unión Europea. Sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos y por el que se deroga el Reglamento (CEE) no 2092/91. Diario Oficial de la Unión Europea, 28 de junio de 2007.

Reglamento (CE) nº 589/2008 de la Comisión Europea. Por el que se establecen las disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) nº 1234/2007 del Consejo en lo que atañe a las normas de comercialización de los huevos. Diario Oficial de la Unión Europea núm. 163, de 24 de junio de 2008.

Roberts, J.R. (2004). Factors affecting egg internal quality and eggshell quality in laying hens. *Journal of Poultry Science*, 41, 161-177.  
<https://doi.org/10.2141/jpsa.41.161>

Roberts, J.R., Chousalkar, K. y Samiullah, A. (2013). Egg quality and age of laying hens: implications for product safety. *Animal Production Science*, 53, 1291–1297. <http://doi.org/10.1071/AN12345>

Rodenburg, T.B. y Koene, P. (2006). The impact of group size on damaging behaviours, aggression, fear and stress in farm animals. *Applied Animal Behaviour Science*, 103, pp. 205-214.  
<https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.05.024>

Rodríguez, E., Chapa, J. y González, G. (09 de julio de 2013). *Lesiones del aparato reproductor de gallinas causadas por la enfermedad de Newcastle*. El sitio avícola. <https://www.elsitioavicola.com/articles/2405/lesiones-del-aparato-reproductor-de-gallinas-causadas-por-la-enfermedad-de-newcastle/>

Salvador, E. y Tarazona, T. (16 de julio de 2019). Calidad externa del huevo: factores relacionados al color de cáscara. Actualidad avipecuaria. <https://actualidadavipecuaria.com/calidad-externa-del-huevo-factores-relacionados-al-color-de-cascara-y-estrategias-para-su-mejora/>

Samiullah, S., y Roberts, J. R. (2014). The eggshell cuticle of the laying hen. *World's Poultry Science Journal*, 70 (4), 693-708. <https://doi.org/10.1017/S0043933914000786>

Santomá, G. y Mateos, G.G. (2018). Necesidades nutricionales en avicultura. Normas FEDNA. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. [https://www.fundacionfedna.org/sites/default/files/NORMAS\\_FEDNA\\_AVES\\_2018v.pdf](https://www.fundacionfedna.org/sites/default/files/NORMAS_FEDNA_AVES_2018v.pdf)

Sohail, S.S. y Roland, D.A. (2002). Influence of dietary phosphorus on performance of Hy-Line W36 hens. *Poultry Science* 81, 75–83. <https://doi.org/10.1093/ps/81.1.75>

Soler, R. y Bueso, J. (2017). Análisis de las alteraciones de la cáscara del huevo de gallina. *Nereis, Revista Iberoamericana Interdisciplinar de Métodos, Modelización y Simulación*, 10, 137-147.

Sotillo, J.L y Serrano, V. (1985). *Producción Animal: Etnología zootécnica Vol. y II*. Ed. Tébar Flores.

Sturkey, P.D. (1975). *Fisiología aviar*. Ed. Acribia

Sumner, D.A., Gow, H., Hayes, D., Matthews, W., Norwood, B., Rosen-Molina, J.T. y Thurman, W. (2011). Economic and market issues on the sustainability of egg production in the United States: Analysis of alternative production systems. *Poultry Science*, 90, 241–250. <https://doi.org/10.3382/ps.2010-00822>

Sutcliffe, C. C. y Boorman, K.N. (1998). Incidence of blood spots in yolks from phosphorus deficient hens. *British Poultry Science*, 39, 58-59. <https://doi.org/10.1080/00071669888412>

Szőllősi, L., Szűcs, I., Huzsvai, L. y Molnár, S. (2019). Economic issues of Hungarian table egg production in different housing systems, farm sizes and production levels. *Journal of Central European Agriculture*, 20(3), 995-1008.

Tullett, S. G. (1975). Regulation of avian eggshell porosity. *Journal of Zoology*, 177(3), 339-348. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1975.tb02237.x>

Tůmová, E., Zita, L., Hubený, M., Skřivan, M. y Ledvinka, Z. (2007). The effect of oviposition time and genotype on egg quality characteristics in egg type hens. *Czech Journal of Animal Science*, 52, 26–30 <https://doi.org/10.17221/2326-CJAS>

- Van Horne, P.L.M. (2019). Competitiveness of the EU egg sector, base year 2017; International comparison of production costs. Wageningen Economic Research. <https://edepot.wur.nl/469616>
- Vásques, G. (2014). *Cambios hormonales y anatomo histológicos del aparato reproductor de la gallina ponedora Hy-line en estado de cluequés* Tesis de Doctorado. Universidad Nacional de Cajamarca. [Repositorio.unc.edu.pe/](https://repositorio.unc.edu.pe/). Universidad de Cajamarca (Perú).
- Vits, A., Weitzenbürger, D., Hamann, H. y Distl, O. (2005). Production, egg quality, bone strength, claw length, and keel bone deformities of laying hens housed in furnished cages with different group sizes. *Poultry Science*, *84*, 1511–1519. <https://doi.org/10.1093/ps/84.10.1511>
- Vlčková, J., Tůmová, E., Ketta, M., Englmaierová, M. y Chodová, D. (2018). Effect of housing system and age of laying hens on eggshell quality, microbial contamination, and penetration of microorganisms into eggs. *Czech Journal of Animal Science*, *63(2)*, 51–60. <https://doi.org/10.17221/77/2017-CJAS>
- Wall, H. (2011). Production performance and proportion of nest eggs in layer hybrids housed in different designs of furnished cages. *Poultry Science*, *90*, 2153-2161. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01495>

Wall, H., Tauson, R. y Elwinger, K. (2002). Effect of nest design, passages, and hybrid on use of nest and production performance of layers in furnished cages. *Poultry Science*, 81, 333–339. <https://doi.org/10.1093/ps/81.3.333>

Widowski, T.M., Caston, L.J., Hunniford, M.E., Cooley, L. y Torrey, S. (2017). Effect of space allowance and cage size on laying hens housed in furnished cages, Part I: Performance and well-being. *Poultry Science*, 96, 3805–3815. <http://doi.org/10.3382/ps/pex197>

## 8.- ANEXO I

Artículo científico publicado en Journal of Applied Animal Research (JCR Q2)

Soler, R., Mínguez, C., Ibáñez, C. y Bueso, J. (2022). Short communication: egg size and quality of hens housed in three different group sizes, *Journal of Applied Animal Research*, 50:1, 598-602, <https://doi.org/10.1080/09712119.2022.2119981>

## 8. ANEXO.

Artículo *Journal of Applied Animal Research*



### Journal of Applied Animal Research



ISSN: (Print) (Online) Journal homepage: <https://www.tandfonline.com/loi/taar20>

## Short communication: egg size and quality of hens housed in three different group sizes

Ramiro Soler Castillo, Carlos Mínguez Balaguer, Carla Ibáñez Sanchis & Joel Bueso Ródenas

**To cite this article:** Ramiro Soler Castillo, Carlos Mínguez Balaguer, Carla Ibáñez Sanchis & Joel Bueso Ródenas (2022) Short communication: egg size and quality of hens housed in three different group sizes, *Journal of Applied Animal Research*, 50:1, 598-602, DOI: [10.1080/09712119.2022.2119981](https://doi.org/10.1080/09712119.2022.2119981)

**To link to this article:** <https://doi.org/10.1080/09712119.2022.2119981>



© 2022 The Author(s). Published by Informa UK Limited, trading as Taylor & Francis Group



Published online: 14 Sep 2022.



Submit your article to this journal [↗](#)



View related articles [↗](#)



View Crossmark data [↗](#)

## Short communication: egg size and quality of hens housed in three different group sizes

Ramiro Soler Castillo, Carlos Mínguez Balaguer, Carla Ibáñez Sanchis and Joel Bueso Ródenas

Department of Animal Production and Public Health, Faculty of Veterinary Medicine and Experimental Sciences, Catholic University of Valencia "San Vicente Martir", Valencia, Spain

### ABSTRACT

The aim of this study was to analyse the performance and the quality of the eggs produced by hens housed in three group sizes (20, 26 and 60 individuals). Twenty-two lots of high-production Hy-Line hens in the Murcia region (Spain) were included in this study. The total area of the cages was, respectively, 1.5, 2.0 and 4.5 m<sup>2</sup>, maintaining the same population density (750 cm<sup>2</sup> per animal). The influence of the productive phases of the laying cycle was also included in the study: Initial (18–26 weeks of life), Middle (27–52 weeks) and Final (53–74 weeks). The variables examined were: laying percentage, egg weight, percentage of removed eggs (broken, cracked or dirty), mortality and feed intake. The group size had an influence on the egg weight and shell quality. In this sense, a group size of 20 hens achieved higher egg weight and lower number of broken and cracked eggs, so it is proposed as the recommended group size to optimize the profitability of cage hen farms.

### ARTICLE HISTORY

Received 24 March 2022  
Accepted 29 August 2022

### KEYWORDS

Cage hens; cage size; shell quality; laying percentage; egg weight

### Introduction

The poultry industry is in continuous growth, having shown a worldwide increase of 56.70% in the number of hens between 2000 and 2020, rising from 14.39 billion birds in 2000 to 33.23 billion birds in 2020 (FAOSTAT 2020). The world egg production is 76.7 million tons, with China (26,956,478 tons), the United States (6,466,263 tons) and India (5,236,935 tons) as the main producing countries (FAOSTAT 2020). The EU-27 produces, on the whole, 7.08 million tons, with Spain as the third producing country at 833,000 t, behind France (924,000 t) and Germany (851,000 t) of these eggs were produced in in-cage production systems, as revealed by the data on global distribution of laying hens by housing system. Specifically, in China, 97% of eggs were produced in this type of system, followed by 76% in USA and 100% in India. In the EU-27 the situation is not much different, as 61% of the eggs produced in France, 77% in Spain and 54% in Italy are produced in cage systems. Among the top egg producers in the EU-27, only the egg production of Germany is mainly carried out in alternative systems, with 7% of the eggs produced in cages (Schuck-Paim et al. 2021).

Consumers are increasingly concerned about the welfare of laying hens (Van Asselt et al. 2015). In this sense, in Europe, as of January 2012, regulations prohibited the use of old non-enriched cages (Directive 1997/74EC). The aim of the new enriched cages is to improve the well-being of laying hens by providing opportunities for them to perform their natural behaviours (Elson et al. 2012). Enriched cages consider both the configuration and the general sizes of the cage. According to the European Directive, laying hens must have at least

750 cm<sup>2</sup>. This involves not exceeding 13.3 laying hens per square metre. Moreover, enriched hens must include a nest, perch and a litter substrate. High housing densities in non-enriched cages (550 cm<sup>2</sup>/bird) have corresponded with alterations in well-being, mainly with increased pecking (Gilani et al. 2013). It may also cause greater stress, hierarchical struggles and lower live weight due to low use of the feed (Cepero and Hernández 2015; Ikenna et al. 2016). Although the European Directive is very clear in terms of density and the additional elements mentioned, it does not stipulate the size of the group or the cage.

The group size and housing system have important consequences on the investment cost per hen and on the welfare of the animals. Both factors significantly affect the quality characteristics of the egg, including undesirable changes in the external characteristics of the egg (Hidalgo et al. 2008). These changes can affect marketing, as the consumer acceptance of eggs is strongly influenced by visual characters (Wardy et al. 2015). The external quality of the egg is determined by the size of the egg, the shell quality (egg strength and thickness), its integrity (cracks), and stains or traces of dirt (Holt et al. 2011). It has been observed that the percentage of broken eggs depends mainly on the genetics of the hen, the housing, the environmental conditions and the handling of the eggs (Wall and Tauson 2002; Wall 2011; Ketta and Tůmová 2016). Moreover, the size of the egg is valued by the consumer, as the classification by egg weight directly influences its price. In Spain, the XL category egg (>73 g) is 55.0% more expensive than the L category egg (≥63 and <73 g), i.e. € 1.24 per dozen compared to € 0.80 per dozen.

Studies have been carried out comparing egg quality under different commercial housing systems: cage-free aviary systems vs enriched cages (Holt et al. 2011; Karcher et al. 2015). However, there is little literature on which is the most suitable group size using the same population density related to egg size and quality in commercial farm conditions. The aim of this study was to evaluate the performance, weight and external quality of the shell of the eggs produced by hens housed in three group sizes (20, 26 and 60 hens) with the same population density (750 cm<sup>2</sup> per animal), as well as the mortality rate and feed intake.

## Materials and methods

### Animals and accommodation

To conduct this study, 22 lots of Hy-Line Brown laying hens ( $n=2,849,869$ ) housed in 22 different farms with batteries of enriched cages that met the requirements of Directive 99/74 / EC were used. The farms were located in the municipalities of Cobatillas (15 farms; Longitude: 01° 4'34.946"/ Latitude: N38° 3'18.098") and Bullas (7 farms; Longitude: 01° 40'20.17"/ Latitude: N38° 2'48.01") in the Autonomous Community of the Region of Murcia (Spain). The data collection period ranged from June 2018 to November 2020. Table 1 shows the characteristics of the cages, the distribution of the farms according to hen group size, the number of farms (replicates) and the average number of hens housed per farm.

All the farms belonged to the same poultry company, following the same handling and environmental conditions. Rearing of the hens was carried out until 16 weeks of age in cage housing system in specific rearing sheds. Then, the young hens were transferred to the laying sheds, staying in the definitive cages where they remained until 74 weeks of age. Laying began at 18 weeks of age due to a light-stimulus period, increasing the photoperiod from 10 h to 16 h progressively during weeks 16–30 of the hens' life. The laying period was divided into three production phases: Initial (18–26 weeks), Middle (27–52 weeks) and Final (53–74 weeks). Feeding was carried out with a diet based on the following ingredients listed in order of concentration: corn, soybeans, wheat, calcium carbonate, sunflower flour, soybean oil, salt and dicalcium phosphate and methionine (2795 kcal / kg of ME, 16.90% of CP, 4.09% of Ca and 0.23% of available P). The feed was manufactured by the company itself and was administered automatically twice a day. The animals had free availability of water through nipple drinkers, with two nipple

drinkers per cage for 20 and 26 hens and three nipple drinkers in the cages for 60 hens. Photoperiod regulation was carried out following the indications of the hen supplier company (Hy Line Management Guide 2021), with a light period of 16 h (06:00–21:00) and a dark period of eight hours (22:00–05:00). The environmental conditions and temperature were regulated by forced ventilation and the use of cooling panels to adjust to the needs of the birds (Hy-Line Management Guide 2021). Eggs were automatically collected every day and manure was automatically removed three times a week.

Hens were housed in batteries in three types of enriched cages, with a capacity of 20 (C20), 26 (C26) and 60 hens (C60). All cages were adaptations of the MEC model (Zucami Poultry Equipment, Beriain, Spain):

- C20: 2440 mm wide, 630 mm deep, 455 mm high at the bottom of the cage (1.54 m<sup>2</sup>), including 1 nest.
- C26: 3174 mm wide, 630 mm deep, 455 mm high at the bottom of the cage (2 m<sup>2</sup>), including 2 nests.
- C60: 3600 mm wide, 1260 mm deep and 455 mm high at the bottom (4.54 m<sup>2</sup>), including 4 nests.

Each hen had more than 750 cm<sup>2</sup> of surface in the three types of cage. The cages met the requirements of the European regulations on enriched cages: a minimum area of 750 cm<sup>2</sup> / bird with a total area of the cage of at least 2000 cm<sup>2</sup>, a nest with a comfortable floor where the birds can lay their eggs, an area where chickens can peck and scratch, and perches with a minimum length of 15 cm / bird. In addition, the cage provided a feeder of at least 12 cm of available width per hen, a minimum of two nipple drinkers per cage, and a device so that the hens could scratch their nails (Directive 1997/74/EC, Table 1).

### Variables studied

Absolute values of the following variables were recorded during the daily egg collection: total number of eggs (TE), number of dirty eggs (DE), number of broken eggs (BE), number of cracked eggs (CRA), feed intake (FI, expressed individually in g / day / hen) and mortality (MT).

Egg weight was determined by a MOBA OMNIA XF 170 sorting machine (Barneveld, Netherlands), following Commission Regulation (EC) number 589/2008; XL: very large, weight  $\geq 73$  g; L: large, weight  $\geq 63$  and  $< 73$  g; M: medium, weight  $\geq 53$  and  $< 63$  g; S: small, weight  $< 53$  g. According to this procedure, the following variables were calculated: percentage of eggs classified S (%S), percentage of eggs classified M (%M), percentage of eggs classified L (%L) and percentage of eggs classified XL (%XL). External defects affecting the shell were categorized according to Coutts and Wilson (2010). These parameters were visually detected by specialized operators using the MOBA Crack Detection equipment (Barneveld, The Netherlands).

The following formulas were used to perform the calculations of the studied variables:

$$\text{Laying percentage} = (\text{TE} / \text{No. hens per replicate}) * 100$$

$$\text{Mortality} = (\text{MT} / \text{No. hens per replicate}) * 100$$

Table 1. Housing conditions for hens in the different group size.

	C20	C26	C60
Area/bird	768.60 cm <sup>2</sup>	769.08 cm <sup>2</sup>	756.00 cm <sup>2</sup>
Total area	1.54 m <sup>2</sup>	2.00 m <sup>2</sup>	4.54 m <sup>2</sup>
Perches (cm) per bird	15 cm	15 cm	15 cm
Feeder (cm) per bird	12 cm	12 cm	12 cm
Drinkers per cage	2	2	4
Nests per cage	1	2	4
Number of replicates (farms)	7	6	9
Average hens housed per farm	150,000	104,000	110,000

Note: Models of cages according to the group size of hens: C20 = 20 hens; C26 = 26 hens; C60 = 60 hens.

Broken eggs: percentage of eggs that present fairly large breaks in the shell that generally affect the internal membranes of the egg: (BE / TE per replicate) \* 100

Dirty eggs: percentage of eggs in which all or part of their shell appears stained by faeces, blood or other substances: (DE / TE per replicate) \* 100. Both broken eggs and dirty eggs were visually detected by specialized operators and removed from the chain.

Cracked eggs: percentage of eggs that present small shell fractures without affecting the internal membranes: (CRA / TE per replicate) \* 100. They are detected with the MOBA CRACK DETECTION equipment coupled to the MOBA sorting machine model OMNIA XF 170 (Barneveld, The Netherlands).

### Statistical analysis

The estimates of the differences between the cages were obtained by generalized least squares, using the R Project programme (R Core Team 2013). The model used in this analysis was:  $Y_{kl} = J_k + J_k * EI + \epsilon_{kl}$ , where  $Y_{kl}$  is the character register;  $J_k$  is the effect of the group size (three levels: C20, C25, C60);  $J_k * EI$  is the interaction between group size and the productive phase of the laying cycle and  $\epsilon_{kl}$  is the residual effect. A significance level was set at  $\alpha = 0.05$ .

### Results

The interaction of the productive phase of the laying period and the group size had no effect on any variable studied. The results of the variables studied according to the cited interaction are presented in Table 2.

The statistical analysis performed according to group size revealed that there were no significant differences in the laying percentage, mortality, L% and S%. XL% varied according to group size, showing higher values in C20 (11.09%) than in C60 (8.65%) and S26 (7.5%). In the case of M%, higher values were obtained in C26 (31.7%) than in C60 and C20. For the variables corresponding to shell quality, the % of broken eggs was lower in C20 (0.38%) compared to the other two groups, where no significant differences were appreciated (0.54 and 0.52, for C26 and C60 respectively). In the percentage of cracked eggs, the groups with the lowest incidence were C20 and C26 (4.26 and 4.14%, respectively), and both had significant differences compared to the C60 group (5.22%). Finally, feed intake was significantly higher in the C20 group (119.14 g). Between groups C26 and C60, no significant differences were observed in this variable (110.23 and 111.24 g, respectively).

### Discussion

The influence of the production phase was observed in all the different variables studied. The results obtained are in line with the values set out in the Hy-Line Management Guide (2021), and with the data reported by several authors, such as Nicodemus et al. (2012), Vlíčková et al. (2018) and Castelló et al. (2010).

In our experiment, it was hypothesized that larger groups could have higher mortality and lower laying percentage due to the higher probability of aggressions between animals.

However, the size of the group had no effect on the laying percentage values or on mortality. It is difficult to conclude that the absence of differences in the frequency of aggressions between experimental groups is related to similar animal welfare. If hens of this study had not been debeaked, this result could have been different, as has been noted in other studies (Schuck-Paim et al. 2021). Our results were similar to those obtained by other authors (Wall and Tauson 2002; Hunneau-Salaün et al. 2011; Nicodemus et al. 2012; Widowski et al. 2017). On the contrary, Vits et al. (2005) found differences in laying performance when different sizes were compared. In this latter study, three different cages were used and the hens were in groups of 10, 20, 40 and 60 animals, with no relationship established between group size and the hens' performance, since in the comparisons made, sometimes the small group had higher production and sometimes it was the large group. Moreover, the maximum differences in this variable were only up to 1,1%.

In the present study, the C20 group reported the highest feed intake values, differences that could be considered of little practical relevance (8 g). Vits et al. (2005) also obtained higher feed intake in group sizes of 10 hens compared to sizes of 40–60 hens. This result can be explained by two reasons: first, as the larger the group of animals, the greater the competitiveness for the feed, so in small groups hens have more availability of the feeders; second, as there is less surface area available, hens are committed to focus their behaviour on the feeders instead the feathers of other birds. Our results did not agree with those of Hunneau-Salaün et al. (2011) who found no differences when comparing groups of 20, 40 and 60 hens. Other studies (Hetland et al. 2003) considered that the activity of birds in larger groups causes greater feed intake, together with poorer utilization of feed, mainly due to increased pecking.

The larger exercise, marked by the higher percentage of XL weight eggs, in the C20 hens agrees with the higher intake of feed found in this group. As the availability of nutrients and energy is higher, hens are more capable of laying eggs with more weight. Moreover, hens housed in a smaller cage space do not consume as much energy in movements or behaviour patterns, allocating that energy to a better performance (Meng et al. 2015). Mench et al. (1986) also described that egg weight is higher in smaller groups of birds. However, other studies (Vits et al. 2005; Nicodemus et al. 2012), reported that, in cages with larger group sizes, hens produced heavier eggs than in those with group sizes with fewer hens. In any case, in the experiments conducted by Vits et al. (2005), the differences between experimental conditions of the different groups also included a different cage model, with no differences between the groups when the cage model used was the same.

The better results of the smaller groups of hens in terms of egg quality (best results regarding broken and cracked eggs) are consistent with studies (Abrahamsson and Tauson 1997; Wall 2011) in which the smallest cages offered better egg quality values (fewer dirty, broken and cracked eggs). Egg quality results obtained in larger cages might be due to a lower use of the nests by the hens, due to hierarchies and competition between them, which would increase the number of

**Table 2.** Production, size and external quality of the eggs shell produced by hens according to the productive phase of the laying cycle and groups size (least squared mean).

Item	INITIAL				MIDDLE				FINAL			
	C20	C26	C60	<sup>2</sup> SEM	C20	C26	C60	<sup>2</sup> SEM	C20	C26	C60	<sup>2</sup> SEM
%LAY	80.03	81.41	80.80	1.59	85.95	87.31	86.60	1.02	78.58	79.90	79.25	1.03
%MORT	0.04	0.06	0.06	0.01	0.05	0.07	0.07	0.01	0.12	0.14	0.13	0.02
%XL	7.21 <sup>a</sup>	2.33 <sup>c</sup>	3.24 <sup>b</sup>	0.19	15.25 <sup>a</sup>	10.37 <sup>c</sup>	11.28 <sup>b</sup>	0.22	19.46 <sup>a</sup>	14.58 <sup>c</sup>	15.49 <sup>b</sup>	0.24
%L	40.42	37.78	38.75	1.35	59.20	57.45	56.59	1.12	53.11	50.48	51.33	1.04
%M	35.01 <sup>a</sup>	39.67 <sup>b</sup>	40.93 <sup>b</sup>	1.03	17.12 <sup>a</sup>	21.78 <sup>b</sup>	23.00 <sup>b</sup>	0.84	10.22 <sup>a</sup>	14.88 <sup>b</sup>	16.10 <sup>b</sup>	0.75
%S	10.07	10.51	9.84	1.29	0.15	0.38	0.82	0.70	0.11	0.12	0.55	0.73
%DIRTY	4.52	4.72	4.82	0.28	4.69	4.89	5.00	0.19	9.56	9.82	9.93	0.24
%BROKEN	0.16 <sup>b</sup>	0.33 <sup>a</sup>	0.30 <sup>a</sup>	0.04	0.20 <sup>b</sup>	0.38 <sup>a</sup>	0.35 <sup>a</sup>	0.03	0.65 <sup>b</sup>	0.94 <sup>a</sup>	0.89 <sup>a</sup>	0.04
%CRA	2.73 <sup>b</sup>	2.85 <sup>b</sup>	3.92 <sup>a</sup>	0.13	3.23 <sup>b</sup>	3.26 <sup>b</sup>	4.33 <sup>a</sup>	0.11	6.86 <sup>b</sup>	7.00 <sup>b</sup>	7.95 <sup>a</sup>	0.18
INTAKE	110.21 <sup>a</sup>	100.65 <sup>b</sup>	102.32 <sup>b</sup>	1.92	125.69 <sup>a</sup>	112.49 <sup>b</sup>	114.02 <sup>b</sup>	1.64	126.92 <sup>a</sup>	110.10 <sup>b</sup>	110.09 <sup>b</sup>	2.01

Note: <sup>1</sup>% LAY: (eggs / day / hen housed); % MORT (% of total casualties); % XL (eggs weight  $\geq 73$  g); % L (eggs weight  $\geq 63$  and  $< 73$  g), % M (eggs weight  $\geq 53$  and  $< 63$  g); % S (eggs weight  $< 53$  g); % DIRTY (percentage of dirty eggs); % CRA (percentage of cracked eggs); % BROKEN (percentage of broken eggs); INTAKE (feed / day / hen housed). Models of cages according to the group size of hens: C20 = 20 hens; C26 = 26 hens; C60 = 60 hens. <sup>2</sup>SEM = Standard error of mean. <sup>a, b, c</sup> Different letters indicate significant differences ( $p < 0.05$ )

eggs laid outside the nests. This leads to a greater risk of being damaged (Meng et al. 2015). Several authors consider that the increased stress in hens housed in large groups is significant, which would also influence shell alterations (Roberts 2004; Rodenburg and Koene 2007). Another important aspect to consider is to have an adequate egg collection system to prevent them from accumulating in the nests, in order to reduce the risk of affecting the external quality and integrity of the eggs. The work of Vits et al. (2005) found that the highest frequency of broken eggs was obtained in groups of 60 birds, due to the accumulation of eggs before collection. Later studies reported a greater number of dirty eggs in smaller groups, due to the nest design and the presence of the sand bath in the cages (Li et al. 2017), although these differences were not observed in our study.

## Conclusions

The size of the group of hens had no effect on their laying percentage values or on their mortality. However, an influence on the egg weight and shell quality was observed. Considering the global results of this study, it can be interpreted that the best performance was achieved with the 20 hens group size, which obtained 28% more XL weight eggs (with a 30% extra value in the market) and 29% fewer broken eggs, only involving an increase 7% in feed costs, so it is proposed as the recommended group size to optimize the profitability of cage hen farms.

## Disclosure statement

No potential conflict of interest was reported by the author(s).

## References

- Abrahamsson P, Tauson R. 1997. Effects of group size on performance, health and birds' use of facilities in furnished cages for laying hens. *Acta Agric Scand A Anim Sci.* 14(4):254–260. doi:10.1080/09064709709362394.
- Castelló JA, Barragán JI, Borroeta AC, Calvet S. 2010. Producción de huevos. Real Escuela de Avicultura. Barcelona. 575 pp.
- Cepero R, Hernández A. 2015. Effects of housing systems for laying hens on egg quality and safety. 16th European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products; Nantes, France.
- Coutts J, Wilson G. 2010. Optimum egg quality, 2nd ed. Sheffield: 5M Publishing.
- Elson HD, de Jong IC, Kjaer JB, Sossidou EN, Tauson R. 2012. Poultry welfare and management: WPSA working group nine. *Worlds Poult Sci.* 68(4):768–775. doi:10.1017/S0043933912000888.
- FAOSTAT. 2020. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Statistic Division. Selected Indicator. [accessed 2021 Jun 22]. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>.
- Gilani AM, Knowles TC, Nicol CJ. 2013. The effect of rearing environment on feather pecking in young and adult laying hens. *Appl Anim Behav Sci.* 148:54–63. doi:10.1016/j.applanim.2013.07.014.
- Hetland H, Svihus B, Lervik S, Moe R. 2003. Effect of feed structure on performance and welfare in laying hens housed in conventional and furnished cages. *Acta Agric Scand A Anim Sci.* 53(2):92–100. doi:10.1080/09064700310002387.
- Hidalgo A, Rossi M, Clerici F, Ratti S. 2008. A market study on the quality characteristics of eggs from different housing systems. *Food Chem.* 106(3):1031–1038. doi:10.1016/j.foodchem.2007.07.019.
- Holt PS, Davies RH, Dewulf J, Gast RK, Huwe JK, Jones DR, Waltan D, William KR. 2011. The impact of different housing systems on egg safety and quality. *Poult Sci.* 90(1):251–262. doi:10.3382/ps.2010-00794.
- Huneau-Salaün A, Guinebretière M, Taktak A, Huonnic D, Michel V. 2011. Furnished cages for laying hens: study of the effects of group size and litter provision on laying location, zootechnical performance and egg quality. *Animal.* 5(6):911–917. doi:10.1017/S1751731110002582.
- Hy-Line Management Guide. 2021. [Internet], [accessed 2021 July 23]. <https://www.hyline.com/filesimages/Hy-Line-Products/Hy-Line-Product-PDFs/Brown/BRN%20COM%20ENG.pdf>.
- Ikenna L, Pike P, Cooper J. 2016. Ranging behaviour of commercial free-range laying hens. *Animals.* 6(5):28. doi:10.3390/ani6050028.
- Karcher DM, Jones DR, Abdo Z, Zhao Y, Shepherd TA, Xin H. 2015. Impact of commercial housing systems and nutrient and energy intake on laying hen performance and egg quality parameters. *Poult Sci.* 94(3):485–501. doi:10.3382/ps/peu078.
- Ketta M, Tůmová E. 2016. Eggshell structure, measurements, and quality-affecting factors in laying hens: a review. *Czech J Anim. Sci.* 61(7):299–309. doi:10.17221/46/2015-CJAS.
- Li X, Chen D, Meng F, Su Y, Wang L, Zhang R, Li J, Bao J. 2017. Exterior egg quality as affected by enrichment resources layout in furnished laying-hen cages. *Asian-Australas J Anim Sci.* 30(10):1495–1499. doi:10.5713/ajas.16.0794.
- Mench JA, van Tienhoven AV, Marsh JA, McCormick CC, Cunningham DL, Baker RC. 1986. Effects of cage and floor pen management on behavior, production, and physiological stress responses of laying hens. *Poult Sci.* 65(6):1058–1069. doi:10.3382/ps.0651058.
- Meng F, Chen D, Li X, Li J, Bao J. 2015. Effects of large or small furnished cages on performance, welfare and egg quality of laying hens. *Anim Prod Sci.* 55:793–798. doi:10.1071/an13552.
- Nicodemus N, Callejo A, Blanco D, Buxadé C. 2012. Efecto de la densidad de gallinas por jaula y de la estirpe sobre la producción y la calidad del

- huevo. Memoria en: 5ª reunión AECACEM. Querétaro, Mexico. [accessed 2021 Jun 25]. [http://oa.upm.es/21207/1/INVE\\_MEN\\_2012\\_128008.pdf](http://oa.upm.es/21207/1/INVE_MEN_2012_128008.pdf).
- R Core Team. 2013. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. <http://www.R-project.org/>.
- Roberts J. 2004. Factors affecting egg internal quality and eggshell quality in laying hens. *J Poult Sci.* 41(3):161–177. doi:10.2141/jpsa.41.161.
- Rodenburg T, Koene P. 2007. The impact of group size on damaging, behaviours, aggression, fear and stress in farm animals. *Appl Anim Behav Sci.* 103:205–214. doi:10.1016/j.applanim.2006.05.024.
- Schuck-Paim C, Negro-Calduch E, Alonso WJ. 2021. Laying hen mortality in different indoor housing systems: a meta-analysis of data from commercial farms in 16 countries. *Sci Rep.* 11:3052. doi:10.1038/s41598-021-81868-3.
- Van Asselt ED, van Bussel LGJ, van Horne P, van der Voet H, van der Heijden GW, van der Fels-Klerx HJ. 2015. Assessing the sustainability of egg production systems in the Netherlands. *Poult Sci.* 94(8):1742–1750. doi:10.3382/ps/pev165.
- Vits A, Weitzenbürger D, Hamann H, Distl O. 2005. Production, Egg quality, bone strength, claw length, and keel bone deformities of laying hens housed in furnished cages with different group sizes. *Poult Sci.* 84(10):1511–1519. doi:10.1093/ps/84.10.1511.
- Vičková J, Tůmová E, Ketta M, Englmaierová M, Chodová D. 2018. Effect of housing system and age of laying hens on eggshell quality, microbial contamination, and penetration of microorganisms into eggs. *Czech J Anim Sci.* 63(2):51–60. doi:10.17221/77/2017-CJAS.
- Wall H. 2011. Production performance and proportion of nest eggs in layer hybrids housed in different designs of furnished cages. *Poult Sci.* 90(10):2153–2161. doi:10.3382/ps.2011-01495.
- Wall H, Tauson R. 2002. Egg quality in furnished cages for laying hens—effects of crack reduction measures and hybrid. *Poult Sci.* 81(3):340–348. doi:10.1093/ps/81.3.340.
- Wardy W, Sae-Eaw A, Sriwattana S, No HK, Prinyawiwatkul W. 2015. Assessing consumer emotional responses in the presence and absence of critical quality attributes: a case study with chicken eggs. *J Food Sci.* 80(7):S1574–S1582. doi:10.1111/1750-3841.12930.
- Widowski T, Caston LJ, Hunniford ME, Cooley L, Torrey S. 2017. Effect of space allowance and cage size on laying hens housed in furnished cages, Part I: performance and well-being. *Poult Sci.* 96(11):3805–3815. doi:10.3382/ps/pex197.