

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**

**ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA  
AGRÒNOMICA I DEL MEDI NATURAL**



**Desarrollo de estrategias de manejo  
para reducir el uso de antibióticos  
en pollos de engorde (broilers)**

Trabajo fin de Grado en Ingeniería Agroalimentaria  
y del Medio Rural

Autor: D. Adrián Ramón Moragues

Tutor: Dr. Fernando Estelles Barber

Cotutor: Dra. Aránzazu Villagrà García

Director experimental: D. Leonardo Valentino Soares Barbosa

Valencia, noviembre 2019

## **Desarrollo de estrategias de manejo para reducir el uso de antibióticos en pollos de engorde (broilers).**

### **Resumen:**

El uso de antibióticos en la producción animal y en la producción avícola de carne en particular se ha incrementado en las últimas décadas. Este uso excesivo de antibióticos ha desembocado en la aparición de resistencias microbianas a éstos, con los riesgos que conlleva para la salud animal y humana. Así, el uso de antibióticos se ha limitado, tendiendo a una producción libre de antibióticos, lo que ha llevado al desarrollo de alternativas. Entre las alternativas al uso de antibióticos, este trabajo se centra en evaluar técnicas relacionadas con el manejo y que se enfocan en aumentar la resiliencia de los animales y reducir las causas de estrés. Con este fin, se diseñó una prueba en la que se valoró la respuesta de los animales frente a tres efectos: i) la calidad del aire, ii) la densidad de cría y iii) la estirpe de los animales. Para ello se utilizaron dos salas (sala 1 y sala 2) experimentales (con condiciones ambientales diferentes: sala 1 buena calidad del aire y sala 2 mala calidad de aire) en las que se incluyeron 18 corrales por sala (17 animales por corral). En cada sala, se establecieron tres tipos de corrales: a) corrales con animales de crecimiento rápido y alta densidad, b) corrales con animales de crecimiento rápido y baja densidad y c) corrales con animales de lento crecimiento y alta densidad. Se han determinaron variables técnico económicas como el consumo de pienso e índice de conversión de los animales semanalmente. Además, se evaluó el estado inmune de los animales a través del pesado de vísceras como indicadores de estrés. También se valoró el miedo de los animales con una prueba de inmovilidad tónica.

Los resultados determinaron que la calidad del aire (con el NH<sub>3</sub> como indicador) no tuvo un efecto sobre la mayoría de los parámetros productivos pero sí sobre el sistema inmunitario. Los animales de la sala 2 presentaron órganos inmunitarios más pequeños que en la sala 1. Por lo que los animales expuestos a un peor ambiente fueron más susceptibles frente a los patógenos y más propensos a sufrir enfermedades. En referencia a la variación del tamaño de grupo y la densidad de producción no se vio efecto directo sobre los parámetros productivos, tamaño de los órganos y a nivel de miedo de los animales. Las condiciones ambientales afectaron de forma diferente a los animales en función de la densidad de alojamiento, presentando los animales procedentes de los tratamientos de menor densidad un menor porcentaje de daños en la mayoría de parámetros estudiados. El uso de estirpes de crecimiento más lento no tuvo efectos sobre los parámetros productivos, pero si afectó a su estado inmunitario y al miedo, resultando en una mayor susceptibilidad los patógenos.

**Palabras clave:** Broilers, bienestar animal, salud, sistema inmune, parámetros productivos, manejo, densidad, amoniaco, crecimiento lento.

Autor: **D. Adrián Ramón Moragues**

Tutor: Dr. Fernando Estelles Barber

Cotutor: Dra. Aránzazu Villagrà García

Director experimental: D. Leonardo Valentino Soares Barbosa

**Valencia, Noviembre 2019**

## **Development of management strategies to reduce the use of antibiotics in broiler chickens.**

### **Abstract:**

The use of antibiotics in animal production and in poultry meat production in particular has increased in recent decades. This excessive use of antibiotics has led to the emergence of microbial resistances, thus increasing animal and human health risks. The use of antibiotics in animal production has been limited, leading then to the development of alternatives. Among these alternatives, this work deals with management ones, aimed to promote animal resilience and reducing stressors. To this aim a trial was designed in which the response of animals to the following effects was assessed: i) air quality, ii) breeding density and iii) breed. Two experimental rooms (room 1 and room 2) were used (with different environmental conditions: room 1 good air quality and room 2 poor air quality) in which 18 pens per room (17 animals per pen) were included. In each room, three types of pens were established: a) pens with fast-growing and high-density animals, b) pens with fast-growing and low-density animals and c) pens with slow-growing and high-density animals. Feed consumption and conversion rate of animals were determined weekly. In addition, the immune status of the animals was evaluated through viscera weighing as stress indicators. Fear was also assessed throughout a tonic immobility test.

Results showed that air quality had no effect on most of the productive parameters. Nevertheless, regarding immune system, animals in room 2 had smaller immune organs than in room 1. Therefore, animals exposed to a worse environment presented an impaired immune status, thus being more susceptible to pathogens and diseases. Nor group size, neither rearing density had direct effect on productive parameters, size of the organs and the level of fear of the animals. Environmental conditions affected animals differently depending on rearing density, where animals from lower density treatments presented the lowest percentage of damage in the majority of parameters studied. Finally, the use of slower growing breeds had no effect on productive parameters. Nevertheless, the breed affected animals immune status and fear level. Slow-growing animals were more likely to suffer from immune deficiencies and fear (increased stress) than fast-growing animals, thus making them more susceptible to pathogens.

**Key words:** Broilers, animal welfare, animal health, immune system, productive parameters, management, density, ammonia, slow growing.

Autor: **D. Adrián Ramón Moragues**

Tutor: Dr. Fernando Estelles Barber

Cotutor: Dra. Aránzazu Villagrà García

Director experimental: D. Leonardo Valentino Soares Barbosa

**Valencia, November 2019**

## ***AGRADECIMIENTOS***

*Con este trabajo cierro una etapa de mi vida. Gracias a todos los que han confiado en mí cuando ni yo mismo creía. Gracias en especial al amor de mi vida que lleva desde el instituto apoyándome y nunca dejándome que me rindiera. También a los amigos que han estado aguantándome pero sobretodo apoyándome, en especial a Carol, Andrea, Belén, Eloisa, Noemí y Luis.*

*Agradecer a mis directores la oportunidad de realizar este trabajo, haciendo que me superara a mi mismo día a día. Por su ayuda y apoyo que no ha sido poco.*

*Agradecer a mi Pombo todo el apoyo, ayuda y comprensión que me ha hecho seguir adelante. Gracias por todo lo que me has enseñado, solo tú y yo sabemos lo que ha costado. Y por último agradecer a dos grande amigos, Andrea y Paloma, por todo su apoyo y ayuda, y sobre todo los grandes momentos que hemos pasado en el despacho, juntos.*



## ÍNDICE GENERAL

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	SECTOR AVICOLA DE CARNE: Producción de carne de pollo. ....	1
1.2.	PROBLEMAS DERIVADOS DEL USO DE ANTIBIOTICOS.....	3
1.3.	ALTERNATIVAS AL USO DE ANTIBIÓTICOS.....	4
1.4.	RELACION ENTRE EL BIENESTAR Y LA SALUD ANIMAL.....	5
1.5.	FACTORES AMBIENTALES Y DE MANEJO PARA LA MEJORA DEL BIENESTAR Y LA SALUD ANIMAL. ....	6
2.	OBJETIVOS: .....	8
3.	MATERIAL Y METODOS.....	9
3.1.	RESUMEN DEL DISEÑO EXPERIMENTAL.....	9
3.2.	MATERIAL ANIMAL Y MANEJO.....	9
3.3.	LOCALIZACIÓN E INSTALACIONES.....	10
3.4.	CONDICIONES AMBIENTALES.....	12
3.5.	TOMA DE MUESTRAS.....	15
3.6.	PROCESADO DE LOS DATOS.....	17
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
4.1.	CONDICIONES AMBIENTALES.....	18
4.2.	RESULTADOS PRODUCTIVOS.....	19
4.3.	ÓRGANOS INMUNITARIOS.....	22
4.4.	TEST DE MIEDO.....	24
4.5.	LESIONES EN EL APARATO RESPIRATORIO.....	24
4.5.1.	Día 42.....	25
4.5.2.	Día 63.....	27
5.	CONCLUSIONES.....	29
6.	BIBLIOGRAFIA.....	30

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción de carne de pollo por regiones y del mundo (Fuente: FAOSTAT, 2019). ....	1
Figura 2. Producción de carne de pollo en la Unión Europea por países(Fuente: FAOSTAT, 2019). .....	2
Figura 3.Evolucion de la producción de carne de pollo en España desde el año 1997 al 2017 (Fuente: FAOSTAT, 2019). .....	2
Figura 5. Modelo de la respuesta de los animales a un agente estresante. (Fuente: adaptado de Broom y Jonson ,1993).....	6
Figura 6. Esquema de organización de los tratamientos. (R: Pollos crecimiento R; L: Pollos de crecimiento lento; AD: Criados a alta densidad; BD: Criados a baja densidad). .....	9
Figura 7. Imagen de la distribución de los corrales, animales, comederos y bebederos en el interior de las salas. ....	10
Figura 8. Muestra el detalle de dos corrales con diferentes densidades (alta, derecha y baja, izquierda).....	11
Figura 9. Imagen de la distribución de los tratamientos en los corrales de ambas salas. (RAD: Pollos de rápido crecimiento a alta densidad; RBD: Pollos de rápido crecimiento a baja densidad; L: Pollos de lento crecimiento) .....	12
Figura 10. Plano distribución de las sondas de medición de NH <sub>3</sub> , temperatura, humedad relativay elementos de ventilación.....	14
Figura 11. Prueba de inmovilidad tónica.....	16

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Consignas ambientales para ambas salas. ....	13
Tabla 2. Aplicaciones de agua y disolución de urea.....	15
Tabla 3. Evolución del ambiente de ambas salas por semanas. (T (°C): temperatura en grados centígrados; HR (%): humedad relativa en %; NH <sub>3</sub> (ppm): concentración de amoníaco en partes por millón). ....	18
Tabla 4. Resultados de peso medio (g) por semana y acumulado por periodos.(L1: Pollos de crecimiento lento sala1; L2: Pollos de crecimiento lento sala 2; RAD1: Pollos de crecimiento rápido a alta densidad sala 1;RAD2: Pollos de crecimiento rápido a alta densidad sala 2; RBD1: Pollos de crecimiento rápido a baja densidad sala 1; RBD2: Pollos de crecimiento rápido a baja densidad sala 2. La tabla se lee en filas; diferentes letras muestran diferencia significativas (P-Valor < 0,05); los datos se representan como: medias ± error estándar (n = 30). ....	19
Tabla 5. Resultados de consumo medio (kg) por semana y acumulado por periodos.(L1: Pollos de crecimiento lento sala1; L2: Pollos de crecimiento lento sala 2; RAD1: Pollos de crecimiento rápido a alta densidad sala 1;RAD2: Pollos de crecimiento rápido a alta densidad sala 2; RBD1: Pollos de crecimiento rápido a baja densidad sala 1; RBD2: Pollos de crecimiento rápido a baja densidad sala 2. La tabla se lee en filas; diferentes letras muestran diferencia significativas (P-Valor < 0,05); los datos se representan como: medias ± error estándar (n = 30). ....	20
Tabla 6. Resultados índice de conversión medio por semana y acumulado por periodos.(L1: Pollos de crecimiento lento sala1; L2: Pollos de crecimiento lento sala 2; RAD1: Pollos de crecimiento rápido a alta densidad sala 1;RAD2: Pollos de crecimiento rápido a alta densidad sala 2; RBD1: Pollos de crecimiento rápido a baja densidad sala 1; RBD2: Pollos de crecimiento rápido a baja densidad sala 2. La tabla se lee por filas; diferentes letras muestran diferencia significativas (P-Valor < 0,05); los datos se representan como: medias ± error estándar(n = 30). ....	21
Tabla 7. Resultados Ganancia de peso medio diaria (g) por semana y acumulado por periodos.(L1: Pollos de crecimiento lento sala1; L2: Pollos de crecimiento lento sala 2; RAD1: Pollos de crecimiento rápido a alta densidad sala 1;RAD2: Pollos de crecimiento rápido a alta densidad sala 2; RBD1: Pollos de crecimiento rápido a baja densidad sala 1; RBD2: Pollos de crecimiento rápido a baja densidad sala 2. La tabla se lee en columnas; diferentes letras muestran diferencia significativas (P-Valor < 0,05); los datos se representan como: medias ± error estándar (n = 30). ....	22
Tabla 8. Resultados de los ratios de los órganos inmunitarios. (L1: Pollos de crecimiento lento sala1; L2: Pollos de crecimiento lento sala 2; RAD1: Pollos de crecimiento rápido a alta densidad sala 1;RAD2: Pollos de crecimiento rápido a alta densidad sala 2; RBD1: Pollos de crecimiento rápido a baja densidad sala 1; RBD2: Pollos de crecimiento rápido a baja densidad sala 2. La tabla se lee por filas; Diferentes letras muestran diferencia significativas (P-Valor < 0,05); los datos se representan como: medias ± error estándar (n = entre 25 y 30). ....	23
Tabla 9. Resultados del test de inmovilidad tónica inducida.(L2: Pollos de crecimiento lento sala 2; RAD2: Pollos de crecimiento rápido a alta densidad sala 2; RBD2: Pollos de crecimiento rápido a baja densidad sala 2. La tabla se lee por columnas; diferentes letras muestran diferencia significativas (P-Valor < 0,05); los datos se representan como: medias ± error estándar. ....	24



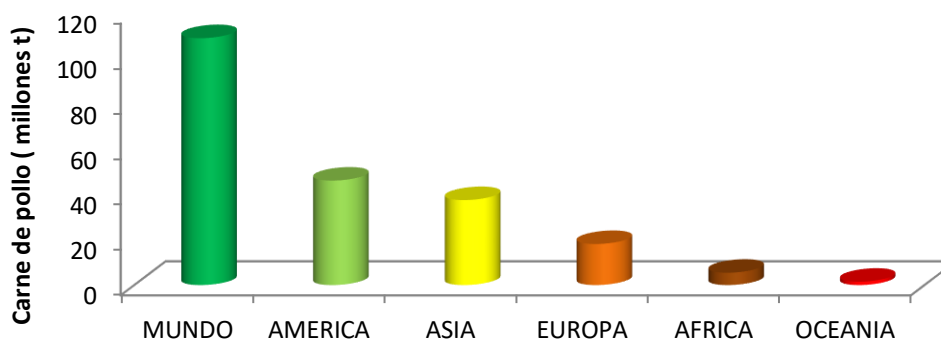
Tabla 10. Resultados de los daños observados en la tráquea. (L1: Pollos de crecimiento lento sala1; L2: Pollos de crecimiento lento sala 2; RAD1: Pollos de crecimiento rápido a alta densidad sala 1; RAD2: Pollos de crecimiento rápido a alta densidad sala 2; RBD1: Pollos de crecimiento rápido a baja densidad sala 1; RBD2: Pollos de crecimiento rápido a baja densidad sala 2. La tabla se lee por filas; con p-valor de $\geq 0,05$ ).....	25
Tabla 11. Resultados de los daños observados en los bronquios (L1: Pollos de crecimiento lento sala1; L2: Pollos de crecimiento lento sala 2; RAD1: Pollos de crecimiento rápido a alta densidad sala 1; RAD2: Pollos de crecimiento rápido a alta densidad sala 2; RBD1: Pollos de crecimiento rápido a baja densidad sala 1; RBD2: Pollos de crecimiento rápido a baja densidad sala 2. La tabla se lee por filas; con p-valor de 0,21). .....	25
Tabla 12. Resultados de los daños observados en los pulmones. (L1: Pollos de crecimiento lento sala1; L2: Pollos de crecimiento lento sala 2; RAD1: Pollos de crecimiento rápido a alta densidad sala 1;RAD2: Pollos de crecimiento rápido a alta densidad sala 2; RBD1: Pollos de crecimiento rápido a baja densidad sala 1; RBD2: Pollos de crecimiento rápido a baja densidad sala 2. La tabla se lee por filas; con p-valor de $\geq 0,05$ ).....	26
Tabla 13. Resultados de los daños observados en las patas:(L1: Pollos de crecimiento lento sala1; L2: Pollos de crecimiento lento sala 2; RAD1: Pollos de crecimiento rápido a alta densidad sala 1;RAD2: Pollos de crecimiento rápido a alta densidad sala 2; RBD1: Pollos de crecimiento rápido a baja densidad sala 1; RBD2: Pollos de crecimiento rápido a baja densidad sala 2. La tabla se lee por filas; con p-valor de $\geq 0,05$ ).....	26
Tabla 14. Resultados de los daños observados en la tráquea. (L1: Pollos de crecimiento lento sala1; L2: Pollos de crecimiento lento sala 2. La tabla se lee por filas; con p-valor de $\geq 0,05$ ). ...	27
Tabla 15. Resultados de los daños observados en los pulmones. (L1: Pollos de crecimiento lento sala1; L2: Pollos de crecimiento lento sala 2. La tabla se lee por filas; con p-valor de 0,54). .....	28

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. SECTOR AVICOLA DE CARNE: Producción de carne de pollo.

En la actualidad el sector avícola de carne en concreto la producción de carne de pollo es una de las industrias ganaderas más importantes, con mayor producción y desarrollo del mundo. Europa representa el 13,81% de la producción mundial con una cantidad de 18.189.907 toneladas (t) (FAOSTAT, 2019) como se puede observa en la Figura 1. Pese a la disminución de su consumo en Europa, ha habido un aumento de las exportaciones hacia países asiáticos, lo que ha provocado que el sector continúe creciendo en estos últimos años (MAPAMA, 2019).

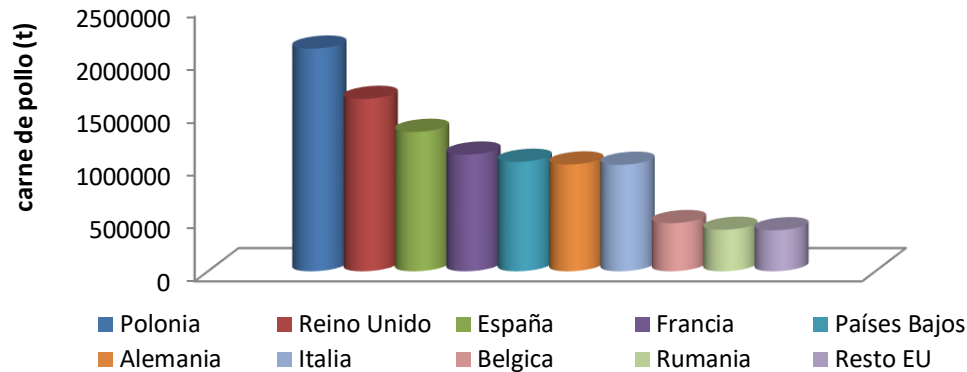
### Produccion carne de pollo en el mundo



**Figura 1. Producción de carne de pollo por regiones y del mundo** (Fuente: FAOSTAT, 2019).

Las producciones de este tipo de carne alcanzaron en 2017 la cifra de 1.317.448 toneladas en España (FAOSTAT, 2019) siendo España en 3º productor europeo como se puede ver en la Figura 2. Con estos datos se pone de manifiesto la importancia del sector en la ganadería mundial y europea.

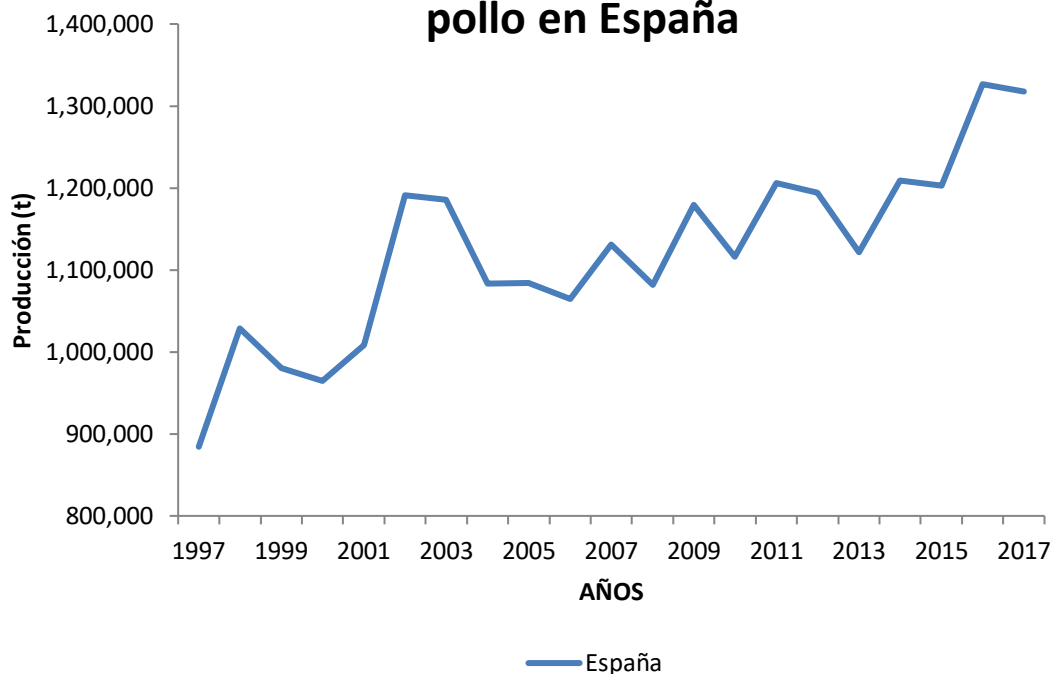
## Producción de carne de pollo en la EU de los países mas productores



**Figura 2. Producción de carne de pollo en la Unión Europea por países**(Fuente: FAOSTAT, 2019).

El aumento de estas producciones (Figura 3) se debe a la intensificación, a la mejora de las estrategias de alimentación, gestión y control ambiental (Havenstein et al. 2003 a, b), además de la mejora de la genética de los animales gracias a la selección genética que ha sufrido el sector en las últimas décadas (Meluzzi and Sirri, 2008). Pero los antibióticos también han intervenido en este proceso, debido a su uso como promotores del crecimiento, provocando así un mayor rendimiento del animal (Allen et al., 2013).

## Evolución de la producción de carne de pollo en España



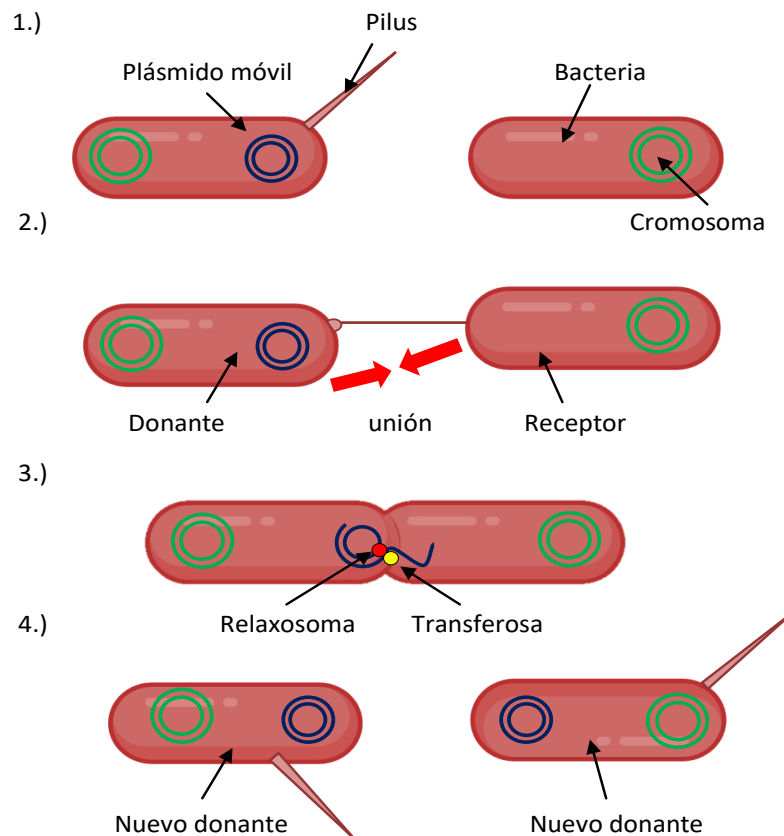
**Figura 3. Evolución de la producción de carne de pollo en España desde el año 1997 al 2017** (Fuente: FAOSTAT, 2019).

## **1.2. PROBLEMAS DERIVADOS DEL USO DE ANTIBIOTICOS**

El uso de antibióticos en avicultura empezó en la década de 1950, tras ver que su uso en la producción de carne de cerdo favorecía el bienestar del animal, así como el aprovechamiento del alimento, bajando así los costes de producción (Allen et al., 2013) más allá de los beneficios terapéuticos y profilácticos. En 2010, el uso de antibióticos a nivel mundial alcanzó la cifra de 63.151 toneladas en la producción ganadera (Van Boeckel et al., 2015), siendo la avicultura una de las grandes consumidoras de estos compuestos antimicrobianos. Además la posibilidad de uso sin la prescripción de un veterinario durante la década de los 50, así como los bajos costes y eficacia de estos, fueron también causantes del aumento de uso.

Esta situación ha provocado la aparición, propagación y proliferación de bacterias con genes de resistencia a los antibióticos (Shuyu et al., 2017), provocando que los antibióticos básicos utilizados tanto en medicina humana como en ganadería dejen de ser efectivos para el tratamiento de las enfermedades infecciosas (Fukuda, 2014).

Esto ha ocurrido debido a la rápida proliferación y adaptabilidad que tiene las bacterias (Shuyu et al., 2017), y a la transferencia de genes de resistencia mediante conjugación bacteriana (Kruse and Sørum, 1994) como se observa en la Figura 4.



**Figura 4. Esquema del proceso de conjugación:**(1) La célula donante y portadora del plásmido que codifica la resistencia genera un pilus.(2) El pilus se adhiere y conecta con la célula receptora y ambas células se aproximan.(3) El plásmido portador de resistencia se desliga, y una de las cadenas de ADN es transferida a la célula receptora. (4) Ambas células sintetizan la segunda cadena, regenerando el plásmido completo. La nueva célula receptora desarrolla el pilus y ahora ambas células son donantes potenciales.

De este modo las bacterias son capaces de compartir la información genética aún siendo cepas de origen tanto humano como animal y sin estar relacionadas evolutiva y ecológicamente (Kruse and Sørum, 1994). Es por esto que las resistencias antimicrobianas suponen una amenaza no solo como fuentes de enfermedades que afecten a animales y a humanos (zoonosis), sino también una fuente desde la cual las resistencias pueden diseminarse y proliferar fácilmente a patógenos de diversos orígenes (Kruse and Sørum, 1994) Se estima que 700.000 personas mueren cada año en el mundo por causas relacionadas con la resistencia a los antimicrobianos (O’neill, 2016).

### 1.3. ALTERNATIVAS AL USO DE ANTIBIÓTICOS

La problemática causada por la excesiva utilización de antibióticos y la falta de regulación en su uso desde los años 50, hizo que en 1998 la Unión Europea realizara controles severos y regulará el empleo de ciertos antibióticos y sustancias similares (EU,1998). Pero no fue hasta el 2006 cuando la UE prohibió los de antibióticos como promotores del crecimiento y limitó su uso, al tratamiento, control y prevención de enfermedades bajo prescripción oficial

de un veterinario a través del Reglamento (CE) 1831/2003. Aún así la producción animal sigue siendo el mayor usuarios de antibióticos de la UE (ESCAV, 2016).

Una alternativa al uso de antibióticos en el caso de la nutrición animal son los moduladores. En estos se incluyen enzimas, ácidos (in) orgánicos, probióticos, prebióticos, aceites etéricos e inmunoestimulantes (Huyghebaert et al., 2011) que actúan para mejorar el aprovechamiento del alimento y mejorar el cambio de las dietas ya sea entre fases de crecimiento o durante los cambios del alimento, disminuyendo la incidencia de enfermedades de origen digestivo. Pero *Cheng et al.* (2014) plantea que estas alternativas nutricionales no cumplirían todos los requerimientos necesarios para ser óptimas, como la ausencia de toxicidad, su estabilidad en el tracto digestivo, la nula intervención sobre el ambiente o el aumento de la resistencia de los animales a enfermedades y patógenos.

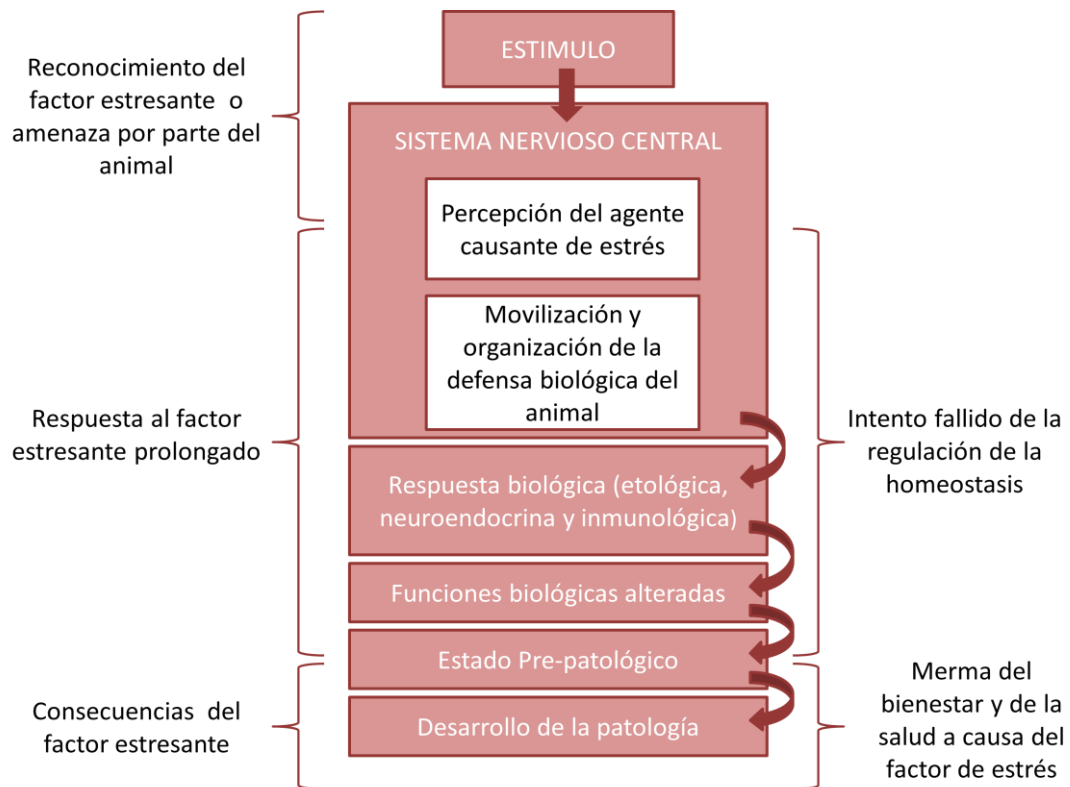
Existen otras alternativas no relacionadas con la nutrición como el control de los animales mediante ganadería de precisión para la detección precoz de síntomas y separación de animales enfermos (Matthews et al., 2016). Estas alternativas permiten reducir la detección precoz de problemas y minimizar la dispersión de una enfermedad. También se presentan alternativas centradas en el animal, como la selección genética para aumentar su resistencia intrínseca frente a agresiones externas, de modo que puedan enfrentarse a cualquier desafío que provoque un estrés externo o altere su salud (Colditz and Hine; 2016). Finalmente el uso de técnicas relacionadas con el manejo de los animales, encaminadas a una mejora del bienestar y, por tanto, de la salud del animal puede mejorar la capacidad de los animales para afrontar retos y aumentar su resiliencia (Dawkins, 2017).

Esta última alternativa, ha demostrado tener un gran potencial y un posible desarrollo en un futuro en el que la producción este centrada en el propio animal, sin el uso de antibióticos, manteniendo unas condiciones óptimas, para que sea capaz de enfrentarse a los retos que se le presenten durante su ciclo productivo (Dohmen *et al.*, 2017).

#### **1.4. RELACION ENTRE EL BIENESTAR Y LA SALUD ANIMAL**

Se podría definir bienestar animal como el equilibrio homeostático entre el animal y su entorno (ambiente), tanto interno como externo (Vandenheede, 2003). Los animales emplean distintos mecanismos tanto fisiológicos como de comportamiento para mantener ese equilibrio con el entorno. La homeostasis hace referencia, por tanto, a la estabilidad de un cuerpo mediante la regulación fisiológica y etológica, variando dentro de unos límites tolerables para el animal (Broom and Johnson, 1993) : Por ejemplo los pollitos de baja edad (los primeros 10 días de vida normalmente) si sienten frío alteran su comportamiento, formando grupos numerosos para mantener el calor, si esto no permite la adaptación al medio entonces el factor externo provocaría un situación de estrés, que disminuiría su bienestar y perjudicaría su salud.

Si algún factor interno o externo supera los límites tolerables, la homeostasis del animal se verá alterada y por tanto, su bienestar, entonces se considera que el animal estará sufriendo un estrés. Este estrés provoca una deficiencia en su sistema inmunitario, haciendo al animal susceptible al entorno y perjudicando su salud (Broom and Johnson, 1993) como se resume en la Figura 5.



**Figura 5. Modelo de la respuesta de los animales a un agente estresante.** (Fuente: adaptado de Broom y Jonson ,1993)

De este modo un animal que esté bajo los efectos de estrés o un factor que altere su homeostasis, presentará signos como consecuencia del mismo. Estos signos pueden ser desde productivos, hasta fisiológicos, histológicos o de comportamiento, en el caso de persistir en el tiempo este factor de estrés (Vandenheede, 2003).

### 1.5. FACTORES AMBIENTALES Y DE MANEJO PARA LA MEJORA DEL BIENESTAR Y LA SALUD ANIMAL.

El estrés puede clasificarse en función de factor que lo provoque, considerándose así tres grandes grupos de estresores : los sociales, los relativos al ambiente y factores endógenos.

El estrés causado por las interacciones entre animales, llamado estrés social, es aquel en el que influyen factores como la superpoblación, el aislamiento, el movimiento de animales, el cambio de grupo, y la presencia o no de hembras en el grupo, entre otros. Uno de estos parámetros clave que influye en las interacciones entre animales es la densidad de cría. En el caso de España se aconseja la producción de pollos en densidades iguales o menores de 32 Kg/m<sup>2</sup>, equivalentes a 12 animales por m<sup>2</sup> (Real Decreto 692/2010, de 20 de mayo). Está demostrado que cuando mayor es la densidad más fácil es provocar un estrés al animal, haciendo que sus parámetros de producción disminuyan (LI et. al., 2019).

En lo referente a las interacciones entre los animales y el ambiente que los rodea, factores como la temperatura, el ruido, la humedad relativa, la ventilación y calidad del aire, el tipo de suelo, la higiene, el manejo del ganadero, juegan un papel fundamental. Por ejemplo, el efecto de la temperatura y humedad relativa del aire ha sido ampliamente estudiado (Olanrewaju et al., 2010; Dozier et al., 2006; Medeiros et al., 2001). El de estos dos parámetros puede solventarse mediante un adecuado nivel de ventilación para conseguir un nivel

productivo y de confort óptimo (Guerra, 2017). Además la mayor parte de las explotaciones disponen de sistemas de control ambiental que permiten mantener ambos parámetros entre los límites apropiados para los animales. Pero la calidad ambiental engloba muchos parámetros y es un concepto más complejo, aunque se sabe que una de las variables más importantes es la concentración de  $\text{NH}_3$  (David et al., 2015). Este gas es una sustancia volátil cuyas emisiones abundan en la cama de pollos de engorde debido a la gran cantidad de ácido úrico presente en las deyecciones de las aves. Este ácido úrico se hidroliza por la acción de enzimas como la ureasas entre otras y la acción bacteriana, que ayuda a la descomposición del ácido úrico en  $\text{NH}_3$  líquido, que por efecto de la temperatura pasa rápidamente al aire en forma de gas. Además también son factores cruciales para su emisión, el contenido de humedad de la cama y su pH, ya que una baja humedad o un pH ácido inhiben la formación de este compuesto (Beker et al., 2004). Es sabido que este gas produce efectos perjudiciales sobre la salud, ya que se trata de un gas irritante que afecta al bienestar, a la salud y a la producción de los animales, por lo que se recomienda que su concentración no supere las 25 ppm (David et al., 2015; Kristensen y Wathes, 2000). Además de provocar un estímulo de estrés constante para el animal y disminuir su producción e índice de conversión, en lo que respecta a la salud, la exposición al amoníaco causa irritación en las membranas mucosas de los ojos y el sistema respiratorio; puede aumentar la susceptibilidad a enfermedades respiratorias (Kristensen y Wathes, 2000). Por último en referencia a la calidad del aire y relacionado con el parámetro de densidad, se encuentra la cantidad de material particulado (PM) suspendido en el aire y cuyo aumento de las emisiones se ve afectado por el manejo y la densidad de los animales (Cambra-López et al., 2009).

Para finalizar esta el estrés endógeno, el que se encuentra en el propio animal, como por ejemplo en el caso de estirpes de crecimiento rápido. Su rápido crecimiento provoca que alcancen el peso de sacrificio aun siendo inmaduros y no se adaptan a su cuerpo haciendo que aparezcan insuficiencia cardíaca (muerte súbita) y síndrome de hipertensión pulmonar que provocan ascitis en algún caso (Julián, 1998).

De este modo si se mejoran o mitigan todos o parte de los efectos estresantes anteriormente citados se contribuirá a una mejora del bienestar y de la salud del animal (Broom and Johnson, 1993).



## **2. OBJETIVOS:**

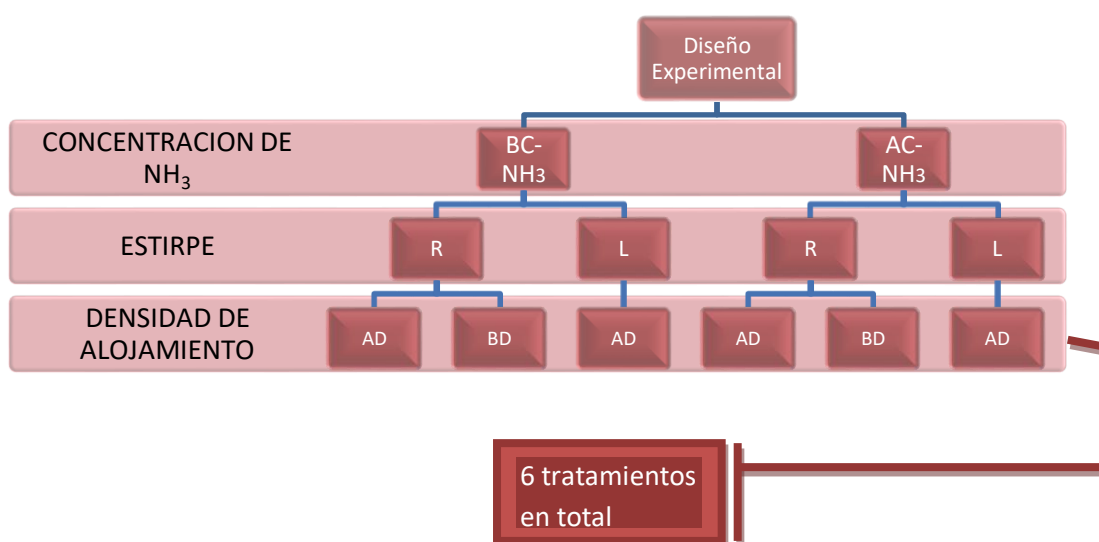
El objetivo general de este trabajo es evaluar técnicas de manejo que permitan mejorar el bienestar de los pollos de engorde, reduciendo así la necesidad de uso de antibióticos durante su cría. Así, de forma específica, el trabajo pretende evaluar la respuesta sobre parámetros productivos y el estado del sistema inmunitario de los animales y su producción en función de:

- a) La densidad animal.
- b) La velocidad de crecimiento a través de diferentes estirpes.
- c) La calidad del aire (considerando como indicador la concentración de  $\text{NH}_3$ ).

### 3. MATERIAL Y METODOS

#### 3.1. RESUMEN DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

Con el fin de testar el efecto de la calidad ambiental, la densidad y la velocidad de crecimiento de los animales sobre su respuesta productiva y bienestar, se llevó a cabo un experimento en el que se testaron un total de 6 tratamientos considerando: a) dos condiciones ambientales con alta (AC-NH<sub>3</sub>) y baja (BC-NH<sub>3</sub>) concentración de amoníaco, b) dos estirpes, una de crecimiento rápido (R) y una de crecimiento lento (L) y, dentro de la estirpe R, dos densidades, alta (AD) y baja (BD). La Figura 6 resume esquemáticamente el diseño experimental. Los siguientes epígrafes detallan cada uno de los tratamientos así como el manejo realizado durante el experimento.



**Figura 6. Esquema de organización de los tratamientos.** (R: Pollos crecimiento R; L: Pollos de crecimiento lento; AD: Criados a alta densidad; BD: Criados a baja densidad).

Cada uno de los tratamientos contó con 6 corrales de 17 animales al inicio del experimento. Al final del ciclo y del experimento cada corral tendría alojados 7 animales, debido a los 2 muestreos realizados.

#### 3.2. MATERIAL ANIMAL Y MANEJO

Para esta prueba se utilizaron 1.250 pollos de engorde de dos estirpes: 450 animales de crecimiento rápido (R) y 800 de crecimiento lento (L). La estirpe de crecimiento rápido fue la ROSS 308 AP caracterizada por un rápido crecimiento. Su ciclo productivo ronda entre los 42 y 45 días, donde pasa de aproximadamente unos 43 g a pesar unos 2,920 kg según su catálogo comercial (ROSS, 2017). Para la estirpe de crecimiento lento se optó por la Hubbard JA757 fruto del cruce de la línea maternal Hubbard JA57 y paternal Hubbard M77. Esta estirpe tiene un crecimiento más pausado que la anterior debido a la genética y al tipo de alimento suministrado. De este modo son animales cuyo ciclo dura aproximadamente entre los 60 y 63 días, donde pasan de los 42 g a los 2,664 kg según su catálogo comercial (HUBBARD, 2016).

Todos los animales fueron alimentados con pienso comercial de iniciación para pollos de engorde de la marca Nanta desde el día 1 hasta el día 18 de prueba. A partir del día 18 y hasta el final de la prueba, cada estirpe fue alimentada con piensos distintos. El cambio de pienso se realizó de manera gradual durante dos días, mezclando los dos piensos para mejorar la adaptación al nuevo pienso. Para la alimentación de la estirpe R (tratamientos AD Y BD) se utilizaron dos piensos comerciales de engorde, de crecimiento rápido (Nanta A80) y de crecimiento lento (Nanta A32).

En ambas salas, el espacio entre corrales se ocupó con animales de la estirpe L con el objetivo de simular las condiciones de una granja comercial (Figura 7), ya que estos animales debían de permanecer toda la duración de la prueba (63 días).



**Figura 7. Imagen de la distribución de los corrales, animales, comederos y bebederos en el interior de las salas.**

En los corrales, como bien dice el epígrafe anterior se alojaron 17 animales para el inicio del experimento. Cada corral con su respectiva estirpe y densidad.

Durante la prueba todos los animales fueron manejados según un protocolo de manejo animal aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Politécnica de Valencia.

### 3.3. LOCALIZACIÓN E INSTALACIONES

La prueba fue realizada en el Centro de Investigación y Tecnología Animal del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (CITA-IVIA) ubicado en el término municipal de Segorbe, en la provincia de Castellón. El experimento tuvo lugar en condiciones de invierno, desde el 7 de enero hasta el 11 de marzo de 2019.

Se utilizaron para el experimento dos salas idénticas (Sala 1 y Sala 2), con una superficie de 75 m<sup>2</sup> y capacidad para albergar entre 800 y 1100 pollos en el suelo por sala. Cada una de las salas cuenta con un sistema automático de control ambiental (EXAFAN, control

climático DNVC) que regula el porcentaje de funcionamiento de los dos ventiladores de chimenea (capacidad de 16.000 m<sup>3</sup>/h), el grado de apertura de 4 ventanas para la entrada de aire y la activación del sistema de calefacción.

En cada una de las salas fueron instalados 18 corrales de dos medidas diferentes para albergar animales en alta y en baja densidad. Para alta densidad (AD) se instalaron 12 corrales cuyas medidas fueron de 1 m de largo por 1,3 m de ancho, con el objetivo de conseguir una densidad de 32 kg/m<sup>2</sup> y para los animales de baja densidad (BD) se instalaron 6 corrales de 2 m de largo por 1,3 m de ancho lo que nos da la mitad de densidad 16 kg/m<sup>2</sup> que el tratamiento de AD (Figura 8). Los corrales se dispusieron en 3 filas de 6 corrales, con 4 de alta densidad y 2 de baja densidad, de manera que entre las 3 filas se dejaron 2 pasillos.

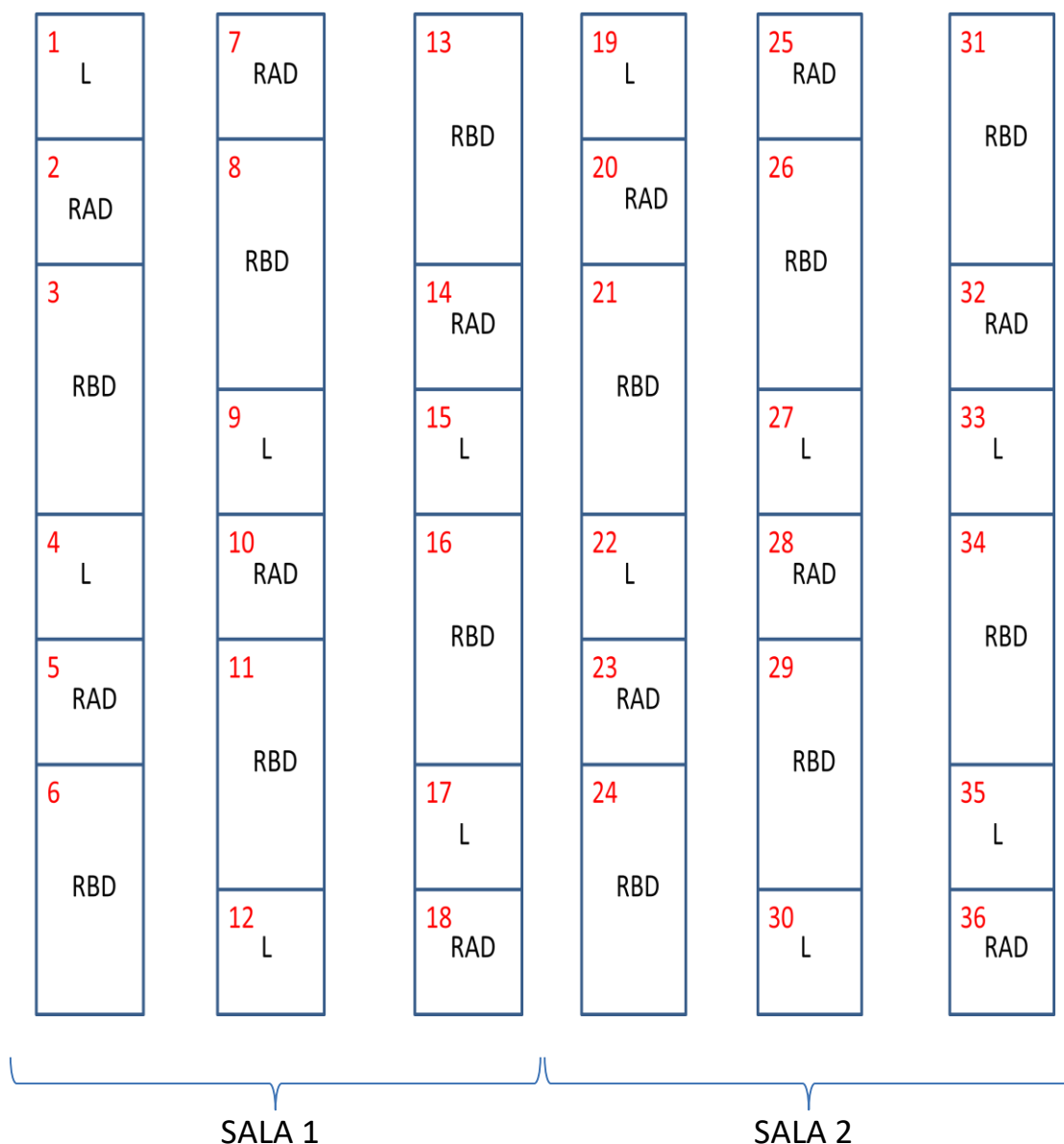


**Figura 8. Muestra el detalle de dos corrales con diferentes densidades (alta, derecha y baja, izquierda)**

En los corrales del tratamiento de crecimiento lento (L) se redujo el espacio a la mitad a partir del día 42, dejando corrales de 0,5 m por 1,3 m. Esta gestión se realizó para mantener la densidad de los corrales de este tratamiento en 32 kg/m<sup>2</sup>, ya que al contar con un muestreo más que la otra estirpe, los corrales solo alojan 7 animales.

Para la cama de las salas y los corrales se utilizó viruta de madera con un espesor homogéneo en toda la sala de aproximadamente 6 cm. La distribución de agua para toda la sala (incluidos los corrales), se realizó mediante 3 líneas de bebederos con recuperador, con una separación entre ellos de 35 cm, para mantener siempre 2 bebederos por corral. La distribución del alimento en el exterior de los corrales se realizó mediante comederos automáticos unidos a un tornillo sin fin, mientras que en el interior de cada corral se situó un comedero manual con capacidad para 10 kg de pienso.

La distribución de los corrales por tratamiento dentro de las salas es la misma y se ve representado en el siguiente esquema (Figura 9):



**Figura 9. Imagen de la distribución de los tratamientos en los corrales de ambas salas.** (RAD: Pollos de rápido crecimiento a alta densidad; RBD: Pollos de rápido crecimiento a baja densidad; L: Pollos de lento crecimiento)

### 3.4. CONDICIONES AMBIENTALES

Las dos salas utilizadas para la prueba difirieron únicamente en las condiciones ambientales de las mismas. A cada automático se le impuso una serie de consignas para la duración de toda la prueba sobre las que regular el ambiente de estas salas. Estas consignas comprendían las variables: temperatura objetivo, ventilación mínima y máxima (V.min y V.max respectivamente, expresada en porcentaje respecto del caudal total de ventilación de las salas), así como la concentración máxima de NH<sub>3</sub> admisible. Para la ventilación y temperatura

se siguió unas recomendaciones favorables para el crecimiento y bienestar de los animales según las recomendaciones de los suministradores de los animales.

Respecto la concentración de NH<sub>3</sub> se restringió a un máximo de 10 ppm en la sala 1 y 25 ppm en la sala 2, siendo esta última concentración la recomendación máxima para la salud humana y animal (Kristensen y Wathes, 2000). La Tabla 1 resume las consignas de ventilación para todo el ciclo en ambas salas.

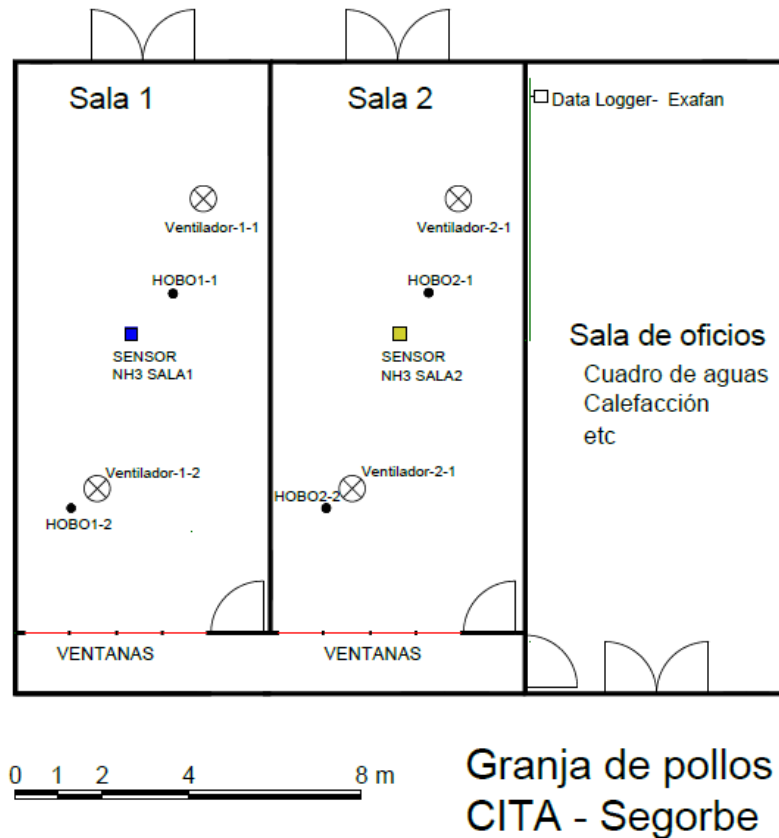
**Tabla 1. Consignas ambientales para ambas salas.**

<b>Día de crianza</b>		<b>0</b>	<b>14</b>	<b>21</b>	<b>32</b>	<b>42</b>
<b>Sala 1 (B-NH3)</b>	Temperatura °C	34	27	24	21	19
	V. min. (%)	1	5	10	10	10
	V. máx. (%)	5	50	60	60	70
	Concentración NH <sub>3</sub> Max. Permitida ppm	10	10	10	10	10
<b>Sala 2 (A-NH3)</b>	Temperatura °C	34	27	24	21	19
	V. min. (%)	1	5	10	2	2
	V. máx. (%)	5	50	60	8	20
	Concentración NH <sub>3</sub> Max. Permitida ppm	25	25	25	25	25

El autómata de ambas salas utilizaba la información de los sensores de temperatura (Sonda de temperatura para ordenador EHG - SCA) y NH<sub>3</sub> (sensor de amoníaco NH<sub>3</sub> DOL53) para calcular la ventilación.

Con respecto a la iluminación, durante los 3 primeros días de crianza de los animales se mantuvo una relación de 1 hora de oscuridad por 23 de luz. A partir del tercer día se fue aumentando la cantidad de horas de oscuridad (35 min cada día) hasta llegar a 8 horas a los 15 días de crianza, donde se mantuvo la relación hasta el final de la prueba.

La temperatura y la humedad relativa, se registraron diariamente mediante dos sondas HOBO U12 (Onset, EEUU) en cada sala, las cuales recogían datos cada 5 min. Los puntos de muestreo de condiciones ambientales y amoníaco se pueden observar en la Figura 10.



**Figura 10. Plano distribución de las sondas de medición de NH<sub>3</sub>, temperatura, humedad relativa y elementos de ventilación.**

Dado que la densidad en la zona exterior a los corrales fue inferior a la habitual en explotaciones ganaderas y no se preveía alcanzar las concentraciones de NH<sub>3</sub> requeridas para el experimento, se incrementaron las concentraciones de este gas en la Sala 2. Para ello se realizó la aplicación de una disolución de urea (CH<sub>4</sub>N<sub>2</sub>O) al 46% de N. Con esto, se consiguió aumentar la cantidad de nitrógeno y humedad en la cama, factores esenciales para la formación de amoníaco (Snoek et. al., 2014). Así los días 30 y 31 de crianza, se realizó una aplicación de agua para aumentar la humedad mediante una maquina pulverizadora a 3 cm de la cama aproximadamente por toda la sala. A partir del día 32 se aplicó una disolución de urea del mismo modo que las aplicaciones de agua anteriores.

Para la cantidad de agua y disoluciones a aplicar se realizó un cálculo aproximado teniendo en cuenta la humedad de la cama y las mediciones de NH<sub>3</sub> que recogían los sensores. Para este cálculo se consideró los kilogramos de materia seca (m.s.) de la cama por m<sup>2</sup>. Para determinar la humedad de la cama se tomaron 5 muestras repartidas de toda la sala y se mezclaron, una vez mezcladas las muestras se pesaron e introdujeron posteriormente en una estufa a 80°C durante 24 horas, pasado este tiempo se volvieron a pesar, y por diferencia de pesos se calculó el contenido de agua (humedad) de la cama. En la primera medición se obtuvo un resultado de 19.46% de humedad por lo que para aumentar hasta un porcentaje de humedad del 30 %, considerando que la sala cuenta con una superficie de 75 m<sup>2</sup>, y una cantidad de 300 kg de m.s. del material de cama, para aumentar un 10% de humedad era necesario añadir aproximadamente 30 L de agua repartidos por toda la sala lo que equivale a 0,4 L/m<sup>2</sup>.

Para el resto de aplicaciones se realizó el mismo procedimiento. La cantidad de urea añadida en disolución se hizo de manera aproximada en función de lo que marcaban los sensores cada día y con el objetivo de mantener por encima de los 20 ppm de NH<sub>3</sub> la sala.

En la Tabla 2, se detalla el día de crianza en el que se aplicaron las disoluciones, así como la concentración de estas y la humedad de la cama.

**Tabla 2. Aplicaciones de agua y disolución de urea.**

<b>Día de crianza</b>	<b>Concentración de urea en g/L de agua</b>	<b>Agua aplicada L/m<sup>2</sup></b>	<b>Disolución aplicada L/m<sup>2</sup></b>	<b>Humedad de la cama % en el momento de la aplicación</b>
<b>30</b>	0	0,59	0,59	19,46
<b>31</b>	0	0,59	0,59	31,53
<b>32</b>	187,5	0,17	0,21	37,59
<b>39</b>	93,75	0,19	0,21	32,60
<b>51</b>	93,75	0,19	0,21	30,45
<b>56</b>	93,75	0,19	0,21	34,72

### **3.5. TOMA DE MUESTRAS**

Diariamente se registraron las bajas en cada uno de los corrales, determinando así la tasa de mortalidad semanal y acumulada.

El consumo de pienso fue medido en cada uno de los corrales semanalmente. Para ello, en primer lugar se pesó la cantidad de pienso añadido en cada comedero durante la semana, además, los lunes se determinó la cantidad de pienso restante en los mismos. Este procedimiento permitió calcular el consumo de pienso por corral que luego se dividió entre el número de animales presentes para estimar el consumo por individuo.

Todos los animales alojados en los corrales fueron pesados semanalmente. Se pesaron dos tandas mediante una báscula, en grupos de 7 a 10 animales al principio del experimento y en grupos de 5 a 6 animales al final del experimento (quitando de los días del 42 al 63 donde solo quedaba la estirpe L y se pesaban en grupos de 7 en una sola tanda por corral), obteniendo así el peso medio de cada corral. Se calculó posteriormente la ganancia de peso medio diaria (GMD) por animal para cada semana de crianza y la acumulada durante la prueba (42 días para la estirpe R y 63 para la estirpe L). Se calculó también, para cada semana y a nivel acumulado, el índice de conversión alimentario (IC) dividiendo la cantidad de pienso consumido por cada corral entre el crecimiento de todos los animales del mismo.

Además de las determinaciones de carácter productivo, durante el desarrollo de la prueba se sacrificaron y tomaron muestras de animales en 4 momentos: día 0, día 21, día 42 y día 63 (el día 63 únicamente para los animales de la estirpe L). Todos los animales sacrificados fueron aturdidos previamente utilizando unas placas metálicas para realizar un shock eléctrico.

En el primer muestreo, día 0 de la prueba se sacrificaron 30 animales de cada estirpe al azar antes de la distribución en los corrales. El segundo y tercer muestreo, días 21 y 42 de



prueba respectivamente, se muestrearon 5 animales de cada corral, resultando un total de 180 animales por cada día de muestreo. Tras el sacrificio, se realizó la necropsia para la extirpación de los órganos inmunitarios (hígado, timo, bolsa de Fabricio y bazo) y su pesaje mediante una báscula de precisión (Ohaus Pioneer, PX, Suiza). Después se realizó un ratio de cada órgano en función del peso del animal del que provenía para comprobar desórdenes fisiológicos y anatómicos en los órganos del sistema inmunitario.

El cuarto y último muestreo se realizó el día 63 de prueba y con el mismo procedimiento que los dos anteriores, exceptuando que en la parte de las necropsias no se obtuvo el órgano de la bolsa de Fabricio por su pequeño tamaño o inexistencia (este órgano se reduce y desaparece con la edad del animal). Este muestreo se realizó solamente para los animales de la estirpe L, ya que los animales de la estirpe R tiene un ciclo de producción comercial de 42 días.

Además en los últimos dos muestreos se llevó a cabo una inspección de los animales muestreados en busca de sintomatología relacionada con la exposición prolongada de  $\text{NH}_3$ . En estos exámenes se buscaron lesiones epidérmicas en las patas, lesiones oculares y en las vías respiratorias a causa de este gas irritante. Estos daños se evaluaron en una escala de 0 a 5 para los daños en patas y ojos (WELFARE QUALITY, 2009). Para el caso de las vías respiratorias según "Terzich, 1998".

Por último, también se midió el miedo que sentían los animales mediante la inmovilidad tónica (TI). Que se define como una respuesta no aprendida, caracterizada por un efecto catatónico. Un estado de respuesta reducida a estímulos externos inducidos por un breve período de restricción física (Jones, 1990). La inmovilidad tónica es una medida confiable de estrés, cuyo factor es el miedo, en pollos (Jones, 1986). En este experimento se evaluó TI en el día 55, en animales de los tres tratamientos de la sala número 2 (por ser la más desfavorable). La prueba consistía en poner el animal boca arriba con la cabeza colgando sobre el borde de una cuna de madera en forma de U (Figura 11). Una vez el animal se queda inmóvil se contabilizó el tiempo que tardaba en responder al estímulo huyendo o dándose la vuelta. Cuanto más tiempo tarda en reaccionar al estímulo externo más miedo sentía el animal (Jones, 1986).



**Figura 11. Prueba de inmovilidad tónica.**

### 3.6. PROCESADO DE LOS DATOS

Una vez obtenidos los datos se realizó el análisis estadístico de cada uno de los factores de producción medidos (tanto por semana como el acumulado), así como de la duración del test de inmovilidad tónica (previa transformación logarítmica de los datos) y de la obtención de los ratios de órganos inmunitarios mediante un análisis de ANOVA simple de un factor con el programa Statgraphics XVII. En el modelo de ANOVA cada observación  $Y_{ij}$  puede expresarse como:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + D_j + T \cdot D_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

$Y_{ijk}$  = variable estudiada (Peso, GMD, Ic, Consumo, y miedo)

$\mu$  = media general

$T_i$  = tratamiento (i=1, RAD1 ; i=2, RBD1; i=3, L1; i=4, RAD2 ; i=5, RBD2 ; i=6, L2)

$D_j$  = Semana (j=1, semana 1; j=2, semana 2; ....; i=9, semana 9)

$T \cdot D_{ij} + T_i$  = interacción tratamiento·semana

$\epsilon_{ijk}$  = error residual

$\epsilon_{ijk}$  = residuos, desviaciones respecto a la media.

Para los datos de los daños causados por el  $\text{NH}_3$  se realizó una prueba  $X^2$  para observar el porcentaje de animales con daños en cada una de las partes y en qué nivel los presentaban, también con el programa Statgraphics XVII.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. CONDICIONES AMBIENTALES

La Tabla 3 muestra resumidamente la evolución semanal de las condiciones ambientales a lo largo de la prueba en lo que respecta a la temperatura y la humedad relativa (medidas con los sensores HOBO U12) y la concentración de NH<sub>3</sub> y tasa de ventilación de las salas en cada momento (de acuerdo a los datos proporcionados por los autómatas de las salas).

**Tabla 3. Evolución del ambiente de ambas salas por semanas.** (T (°C): temperatura en grados centígrados; HR (%): humedad relativa en %; NH<sub>3</sub> (ppm): concentración de amoníaco en partes por millón).

S	SALA 1				SALA 2			
	T (°C)	HR (%)	Ventilación (m <sup>3</sup> /h)	NH <sub>3</sub> ppm	T (°C)	HR (%)	Ventilación (m <sup>3</sup> /h)	NH <sub>3</sub> ppm
1	33,07 ±0,52	22,14 ±0,87	503,38 ±69,66	0	33,00 ±0,77	22,85 ±1,15	163,70 ±66,68	0
2	29,77 ±0,39	29,40 ±1,01	2627,00 ±100,43	0	29,54 ±0,44	31,72 ±1,23	2331,84 ±83,60	0
3	26,96 ±0,33	29,08 ±0,58	3406,87 ±139,03	0	26,34 ±0,35	31,49 ±0,45	3601,41 ±274,25	0
4	24,67 ±0,29	29,53 ±1,60	4074,30 ±323,82	0	23,84 ±0,27	30,52 ±1,59	4817,96 ±420,56	0
5	21,86 ±0,34	46,37 ±3,72	2450,41 ±309,66	1,84 ±0,06	22,76 ±0,10	50,66 ±4,37	2179,92 ±467,24	14,75 ±0,26
6	20,29 ±0,13	54,08 ±1,07	2171,03 ±92,07	6,22 ±0,08	22,00 ±0,08	59,23 ±0,84	1593,74 ±10,01	18,99 ±0,23
7	19,72 ±0,08	55,94 ±2,57	3099,87 ±193,19	9,38 ±0,13	22,24 ±0,13	61,09 ±2,08	1639,55 ±12,64	18,56 ±0,30
8	20,38 ±0,42	48,43 ±2,46	4041,97 ±253,04	13,99 ±0,54	21,72 ±0,28	50,78 ±1,86	2343,12 ±160,07	14,91 ±0,23
9	19,86 ±0,22	51,06 ±2,36	4241,34 ±190,10	10,84 ±0,12	21,53 ±0,12	54,69 ±2,21	2743,69 ±14,74	16,32 ±0,27

Como se observa en la tabla, ambas salas tuvieron un ambiente similar hasta la cuarta semana en referencia a todos los parámetros. En la quinta semana empiezan a surgir diferencias en temperatura y humedad relativa, así como en la aparición y concentración de NH<sub>3</sub>. Durante las siguientes semanas y hasta la finalización del experimento, la diferencia de temperatura entre salas fue entre 0,5-2,5°C. La humedad relativa alcanzó una diferencia de hasta 5% a partir de la 4 semana y se mantuvo hasta el fin del experimento.

En referencia a la concentración de NH<sub>3</sub> se puede ver que las diferencias entre ambas salas durante la quinta y sexta semana rondaron las 12 ppm. Pero a partir de la séptima semana las diferencias de concentración empiezan a reducirse, ya que la sala 1 aumenta la emisión de NH<sub>3</sub>, mientras que la sala 2 mantiene e incluso disminuyen un entre 2 y 4 ppm la concentración de este gas. El aumento de la concentración de NH<sub>3</sub> en la sala 1 puede deberse al crecimiento y desarrollo de los animales que se acercan hacia el final del ciclo al igual que la sala 2 (Calvet et al., 2011). La diferencia entre salas fue una ventilación más restringida y la ayuda de emisión de NH<sub>3</sub> mediante las aplicaciones de urea en la sala 2. Por último se observa como en la sala 2 tiene una tasa de ventilación de entre 1500-1700 m<sup>3</sup>/h inferior a la sala 1, a

partir de la semana 4 y hacia el final del ciclo, siguiendo las pautas seleccionadas en el autómatas.

Las peores condiciones de la sala 2 sobre todo hacia del final del ciclo se deben por lo tanto a una ventilación insuficiente (además de la aplicación de agua y la disolución de urea). Esta insuficiencia de ventilación no solo hace aumentar la concentración de NH<sub>3</sub> en la sala 2, si no que aumenta en 1°C la temperatura y un 4% la humedad relativa. Provocando un ambiente de peor calidad para el animal.

## 4.2. RESULTADOS PRODUCTIVOS

En la Tabla 4 se representa la evolución del peso medio de cada tratamiento por semana de crianza y por periodos de 21 días.

**Tabla 4. Resultados de peso medio (g) por semana y acumulado por periodos.**(L1: Pollos de crecimiento lento sala1; L2: Pollos de crecimiento lento sala 2; RAD1: Pollos de crecimiento rápido a alta densidad sala 1;RAD2: Pollos de crecimiento rápido a alta densidad sala 2; RBD1: Pollos de crecimiento rápido a baja densidad sala 1; RBD2: Pollos de crecimiento rápido a baja densidad sala 2. La tabla se lee en filas; diferentes letras muestran diferencia significativas (P-Valor < 0,05); los datos se representan como: medias ± error estándar (n = 30).

	Tiempo	L1	L2	RAD1	RAD2	RBD1	RBD2	Error Est.	P-Valor
SEMANAS	1	134,38 <sup>a</sup>	144,84 <sup>ab</sup>	164,36 <sup>d</sup>	151,11 <sup>bc</sup>	160,37 <sup>cd</sup>	160,46 <sup>cd</sup>	±3,93	< 0,05
	2	338,82 <sup>a</sup>	307,40 <sup>a</sup>	390,27 <sup>b</sup>	436,07 <sup>b</sup>	419,47 <sup>b</sup>	437,70 <sup>b</sup>	±16,56	< 0,05
	3	525,83 <sup>a</sup>	563,27 <sup>b</sup>	775,44 <sup>c</sup>	801,07 <sup>c</sup>	780,61 <sup>c</sup>	797,68 <sup>c</sup>	±11,93	< 0,05
	4	853,82 <sup>a</sup>	960,80 <sup>b</sup>	1242,71 <sup>c</sup>	1226,46 <sup>c</sup>	1239,15 <sup>c</sup>	1227,86 <sup>c</sup>	±29,83	< 0,05
	5	1294,14 <sup>a</sup>	1302,22 <sup>a</sup>	1840,83 <sup>b</sup>	1779,29 <sup>b</sup>	1825,88 <sup>b</sup>	1750,72 <sup>b</sup>	±35,20	< 0,05
	6	1769,01 <sup>a</sup>	1801,14 <sup>a</sup>	2527,29 <sup>b</sup>	2414,99 <sup>b</sup>	2475,61 <sup>b</sup>	2446,64 <sup>b</sup>	±53,84	< 0,05
	7	2192,02	2276,29	-	-	-	-	±69,17	0,4
	8	2676,75	2775,99	-	-	-	-	±94,79	0,48
	9	3127,67	3275,17	-	-	-	-	±105,98	0,35
PERI ODOS	0 a 21 días	487,3 <sup>a</sup>	525,4 <sup>b</sup>	731,7 <sup>c</sup>	756,9 <sup>c</sup>	737,0 <sup>c</sup>	753,7 <sup>c</sup>	±11,9	< 0,05
	21 a 42 días	1737,4 <sup>a</sup>	1768,4 <sup>a</sup>	2476,0 <sup>b</sup>	2372,4 <sup>b</sup>	2424,5 <sup>b</sup>	2409,5 <sup>b</sup>	±52,4	< 0,05
	42 a 63 días	3096	3242,5					±103,0	0,334

Se observan diferencias significativas entre tratamientos durante las 6 primeras semanas. Una de estas diferencias reside entre las estirpes como es lógico, ya que su ciclo de producción y por tanto de crecimiento no es el mismo, ya que los animales de crecimiento lento necesitan 3 semanas más que los de crecimiento rápido para alcanzar el peso de sacrificio. Durante la primera semana existen diferencias entre casi todos los tratamientos, esto puede deberse a que, pese hacerse una distribución aleatoria a la llegada, no todos los animales partieron del mismo peso. En las semanas 3 y 4 (días 21 y 28) se encuentran diferencias entre los animales de crecimiento lento, donde los animales del tratamiento L2 crecieron más que los del tratamiento L1. Teniendo en cuenta que hasta la semana 5 (día 35) no empezó a aumentar el amoníaco en la sala 2 y por lo tanto la calidad del aire en ambas salas era la misma, y ambos tratamientos se pueden considerar iguales hasta este momento, estas diferencias entre la estirpe de crecimiento lento pueden deberse a que en la semana 3 (día 15)

se realizó el cambio de pienso y que los animales de la sala 2 tuvieran una mejor adaptación a este respecto los animales de la sala 1. Por otro lado, en los datos de la semana 6 de cada tratamiento no se puede ver diferencias significativas entre animales de la misma estirpe, y por tanto el amoniaco no ha tenido efecto sobre los parámetros productivos, al igual que reportó Zarnab (2019).

Al analizar los datos por periodos (de 0 a 21 días, de 21 a 42 y de 42 a 63 días), los resultados fueron similares. Además de las diferencias entre estirpes, se observó una diferencia entre los animales de crecimiento lento en las dos salas en el primer periodo de desarrollo, que se compensó posteriormente no encontrándose un efecto del tipo de sala a partir del día 21.

La Tabla 5 presenta los resultados del consumo de pienso para cada semana y acumulado durante el experimento.

**Tabla 5. Resultados de consumo medio (kg) por semana y acumulado por periodos.**(L1: Pollos de crecimiento lento sala1; L2: Pollos de crecimiento lento sala 2; RAD1: Pollos de crecimiento rápido a alta densidad sala 1;RAD2: Pollos de crecimiento rápido a alta densidad sala 2; RBD1: Pollos de crecimiento rápido a baja densidad sala 1; RBD2: Pollos de crecimiento rápido a baja densidad sala 2. La tabla se lee en filas; diferentes letras muestran diferencia significativas (P-Valor < 0,05); los datos se representan como: medias ± error estándar (n = 30).

	Tiempo	L1	L2	RAD1	RAD2	RBD1	RBD2	Error Est.	P-Valor
SEMANAS	1	0,116 <sup>a</sup>	0,113 <sup>a</sup>	0,136 <sup>b</sup>	0,132 <sup>b</sup>	0,132 <sup>b</sup>	0,128 <sup>b</sup>	±0,004	< 0,05
	2	0,256 <sup>a</sup>	0,255 <sup>a</sup>	0,368 <sup>b</sup>	0,373 <sup>b</sup>	0,350 <sup>b</sup>	0,370 <sup>b</sup>	±0,008	< 0,05
	3	0,518 <sup>a</sup>	0,490 <sup>a</sup>	0,732 <sup>b</sup>	0,693 <sup>b</sup>	0,703 <sup>b</sup>	0,627 <sup>b</sup>	±0,037	< 0,05
	4	0,672 <sup>a</sup>	0,664 <sup>a</sup>	1,155 <sup>b</sup>	1,184 <sup>b</sup>	1,135 <sup>b</sup>	1,038 <sup>b</sup>	±0,068	< 0,05
	5	0,677 <sup>a</sup>	0,682 <sup>a</sup>	1,452 <sup>c</sup>	1,445 <sup>c</sup>	1,430 <sup>c</sup>	1,114 <sup>b</sup>	±0,048	< 0,05
	6	0,814 <sup>a</sup>	0,978 <sup>b</sup>	1,506 <sup>d</sup>	1,506 <sup>d</sup>	1,287 <sup>c</sup>	1,438 <sup>cd</sup>	±0,056	< 0,05
	7	0,976	1,032	-	-	-	-	±0,03	0,22
	8	1,155	1,242	-	-	-	-	±0,05	0,2
	9	1,236	1,333	-	-	-	-	±0,05	0,19
PERIODOS	0 a 21 días	0,89 <sup>a</sup>	0,86 <sup>a</sup>	1,24 <sup>b</sup>	1,20 <sup>b</sup>	1,19 <sup>b</sup>	1,13 <sup>b</sup>	±0,04	< 0,05
	21 a 42 días	3,05 <sup>a</sup>	3,18 <sup>a</sup>	5,35 <sup>c</sup>	5,33 <sup>c</sup>	5,03 <sup>bc</sup>	4,71 <sup>b</sup>	±0,14	< 0,05
	42 a 63 días	6,42	6,79	-	-	-	-	±0,17	0,16

No se observan diferencias significativas entre tratamientos durante las primeras cuatro semanas, más allá de las diferencia por estirpe. La estirpe de crecimiento lento tiene un menor consumo que va asociado a una velocidad de crecimiento menor como se observa en la Tabla 4. Las diferencias entre animales de la misma estirpe surgen a partir de la semana 5 (día 35) coincidiendo con la aparición y el aumento de la concentración de amoniaco. En el día 35 el tratamiento RBD2 tiene una disminución del consumo en comparación a los tratamientos de la misma estirpe (RAD1, RAD2, RBD1). En la semana 6 (día 42) los animales de los tratamientos baja densidad (RBD1 y RBD2) tiene un menor consumo que el resto de tratamientos de la misma estirpe (RAD1 y RAD2) tal y como plantea Li et. al. (2019). Además en el caso de la

estirpe de crecimiento lento también aparece una diferencia entre ambas salas, donde el tratamiento L1 tiene un menor consumo que el tratamiento L2. La concentración de amoníaco no parece tener un efecto claro sobre el consumo de pienso habiéndose encontrado resultados contradictorios en experimento similares (David et al., 2015;Zarnab, 2019).

Al final de los ciclos productivos de cada estirpe solo existen diferencias entre los de crecimiento rápido, donde los animales de los tratamientos de baja densidad tienen un menor consumo en comparación a los animales de alta densidad (día 42). Los animales de crecimiento lento no presentan diferencias significativas al final del ciclo (día 63).

Unido a los parámetros de peso y consumo, se encuentra el índice de conversión que nos muestra la eficiencia del animal en su crecimiento. La Tabla 6 muestra la evolución del índice de conversión medio por semana y por periodos.

**Tabla 6. Resultados índice de conversión medio por semana y acumulado por periodos.**(L1: Pollos de crecimiento lento sala1; L2: Pollos de crecimiento lento sala 2; RAD1: Pollos de crecimiento rápido a alta densidad sala 1;RAD2: Pollos de crecimiento rápido a alta densidad sala 2; RBD1: Pollos de crecimiento rápido a baja densidad sala 1; RBD2: Pollos de crecimiento rápido a baja densidad sala 2. La tabla se lee por filas; diferentes letras muestran diferencia significativas (P-Valor < 0,05); los datos se representan como: medias ± error estándar(n = 30).

	Tiempo	L1	L2	RAD1	RAD2	RBD1	RBD2	Error Est.	P-Valor
SEMANAS	1	1,21 <sup>ab</sup>	1,07 <sup>a</sup>	1,12 <sup>ab</sup>	1,27 <sup>b</sup>	1,13 <sup>ab</sup>	1,10 <sup>a</sup>	±0,05	0,1
	2	1,56 <sup>b</sup>	1,59 <sup>b</sup>	1,38 <sup>a</sup>	1,32 <sup>a</sup>	1,36 <sup>a</sup>	1,39 <sup>a</sup>	±0,05	< 0,05
	3	2,22 <sup>b</sup>	1,94 <sup>ab</sup>	2,11 <sup>ab</sup>	1,92 <sup>ab</sup>	2,01 <sup>ab</sup>	1,77 <sup>a</sup>	±0,12	0,17
	4	2,01 <sup>ab</sup>	1,74 <sup>a</sup>	2,53 <sup>c</sup>	2,79 <sup>c</sup>	2,53 <sup>bc</sup>	2,39 <sup>bc</sup>	±0,18	< 0,05
	5	1,60 <sup>a</sup>	2,06 <sup>ab</sup>	2,44 <sup>bc</sup>	2,63 <sup>c</sup>	2,45 <sup>bc</sup>	2,09 <sup>ab</sup>	±0,18	< 0,05
	6	1,72 <sup>a</sup>	2,06 <sup>ab</sup>	2,20 <sup>b</sup>	2,30 <sup>b</sup>	2,02 <sup>ab</sup>	2,16 <sup>b</sup>	±0,12	< 0,05
	7	2,46	2,28	-	-	-	-	±0,26	0,63
	8	2,39	2,51	-	-	-	-	±0,07	0,25
	9	2,76	2,69	-	-	-	-	±0,11	0,66
PERI ODOS	0 a 21 días	1,82 <sup>c</sup>	1,63 <sup>ab</sup>	1,68 <sup>bc</sup>	1,58 <sup>ab</sup>	1,61 <sup>ab</sup>	1,49 <sup>a</sup>	±0,06	< 0,05
	21 a 42 días	1,76 <sup>a</sup>	1,80 <sup>ab</sup>	2,16 <sup>cd</sup>	2,25 <sup>d</sup>	2,09 <sup>cd</sup>	1,96 <sup>bc</sup>	±0,07	< 0,05
	42 a 63 días	2,08	2,1					±0,03	0,59

En este caso, las diferencias entre estirpes son menos acusadas al compensarse el menor consumo con el crecimiento más lento de los animales de la estirpe L. Para el resto de efectos, sólo se observan diferencias significativas dentro de la sala 2 entre las diferentes densidades de alojamiento (RAD2 vs RBD2). Los animales alojados en una densidad más baja presentaron un menor índice de conversión durante la semana 1 y 5, resultando en un menor índice de conversión para el periodo comprendido entre los días 21 a 42. Este es uno de los parámetros clave a nivel productivo y parece que, ante situaciones ambientales desfavorables, una reducción de la densidad puede beneficiar a los animales, tal y como expone LI et al. (2019).

Tampoco se encontraron diferencias significativas relevantes para la velocidad de crecimiento (Tabla 7) más allá de las causadas por la estirpe.

**Tabla 7. Resultados Ganancia de peso medio diaria (g) por semana y acumulado por periodos.**(L1: Pollos de crecimiento lento sala1; L2: Pollos de crecimiento lento sala 2; RAD1: Pollos de crecimiento rápido a alta densidad sala 1;RAD2: Pollos de crecimiento rápido a alta densidad sala 2; RBD1: Pollos de crecimiento rápido a baja densidad sala 1; RBD2: Pollos de crecimiento rápido a baja densidad sala 2. La tabla se lee en columnas; diferentes letras muestran diferencia significativas (P-Valor < 0,05); los datos se representan como: medias ± error estándar (n = 30).

	Tiempo	L1	L2	RAD1	RAD2	RBD1	RBD2	Error Est.	P-Valor
SEMANAS	1	95,9 <sup>a</sup>	107,0 <sup>ab</sup>	120,6 <sup>c</sup>	107,0 <sup>ab</sup>	116,7 <sup>bc</sup>	116,5 <sup>bc</sup>	±3,9	< 0,05
	2	204,4 <sup>ab</sup>	162,6 <sup>a</sup>	225,9 <sup>bc</sup>	284,9 <sup>d</sup>	259,1 <sup>cd</sup>	277,2 <sup>d</sup>	±16,4	< 0,05
	3	187,0 <sup>a</sup>	255,9 <sup>b</sup>	385,2 <sup>c</sup>	365,0 <sup>c</sup>	361,1 <sup>c</sup>	360,0 <sup>c</sup>	±17,4	< 0,05
	4	334,9 <sup>a</sup>	402,7 <sup>b</sup>	459,7 <sup>b</sup>	426,9 <sup>b</sup>	451,1 <sup>b</sup>	437,0 <sup>b</sup>	±22,5	< 0,05
	5	440,3 <sup>b</sup>	341,4 <sup>a</sup>	598,1 <sup>c</sup>	552,8 <sup>c</sup>	586,7 <sup>c</sup>	522,9 <sup>c</sup>	±28,3	< 0,05
	6	474,9 <sup>a</sup>	498,9 <sup>a</sup>	686,5 <sup>b</sup>	635,7 <sup>b</sup>	649,7 <sup>b</sup>	695,9 <sup>b</sup>	±32,4	< 0,05
	7	423	475,1	-	-	-	-	±47,0	0,45
	8	484,7	499,7	-	-	-	-	±28,2	0,72
	9	450,9	499,2	-	-	-	-	±21,8	0,15
PERIODOS	0 a 21 días	487,3 <sup>a</sup>	525,4 <sup>b</sup>	731,7 <sup>c</sup>	756,9 <sup>c</sup>	737,0 <sup>c</sup>	753,7 <sup>c</sup>	±11,9	< 0,05
	21 a 42 días	1737,4 <sup>a</sup>	1768,4 <sup>a</sup>	2476,0 <sup>b</sup>	2372,4 <sup>b</sup>	2424,5 <sup>b</sup>	2409,5 <sup>b</sup>	±52,4	< 0,05
	42 a 63 días	3096	3242,5					±103,0	0,334

### 4.3. ÓRGANOS INMUNITARIOS.

El efecto del estrés sobre el bienestar del animal, su salud y por lo tanto su sistema inmunitario es muy variado. El bazo, el hígado y la bolsa Fabricio se utilizan como indicadores anatómicos del estrés (Pope, 1991; Freire et al., 2003), además el peso promedio de los órganos linfoides (bazo y bolsa de Fabricio) cambia en respuesta al estrés (Ravindran et al., 2006) igual que el timo. En la Tabla 8 encontramos la evolución del ratio (peso del órgano/peso del animal) de los órganos que intervienen en el sistema inmune y son indicadores de estrés, que dependiendo del factor de estrés, el órgano disminuye o aumenta su tamaño. En el caso de un estrés por alta concentración de NH<sub>3</sub> los órganos tendrán un desarrollo inferior al normal (Wang et. al., 2010), mientras que el efecto de una mayor densidad es que los órganos inmunitarios tengan desarrollo mayor al normal (Abouelenien, 2016).

**Tabla 8. Resultados de los ratios de los órganos inmunitarios.** (L1: Pollos de crecimiento lento sala1; L2: Pollos de crecimiento lento sala 2; RAD1: Pollos de crecimiento rápido a alta densidad sala 1; RAD2: Pollos de crecimiento rápido a alta densidad sala 2; RBD1: Pollos de crecimiento rápido a baja densidad sala 1; RBD2: Pollos de crecimiento rápido a baja densidad sala 2. La tabla se lee por filas; Diferentes letras muestran diferencia significativas (P-Valor < 0,05); los datos se representan como: medias ± error estándar (n = entre 25 y 30).

Ratio de Órganos (g órgano/1000 g peso vivo)								
Día muestro	L1	L2	RAD1	RAD2	RBD1	RBD2	P-Valor	
Bazo	21	1,11 ±1,17	1,27 ±1,24	3,82 ±1,19	0,94 ±1,17	0,91 ±1,19	0,94 ±1,17	0,47
	42	1,62 <sup>b</sup> ±0,06	1,46 <sup>b</sup> ±0,06	1,25 <sup>a</sup> ±0,06	1,18 <sup>a</sup> ±0,06	1,46 <sup>b</sup> ±0,06	1,21 <sup>a</sup> ±0,06	< 0,05
	63	1,26 <sup>b</sup> ±0,05	1,10 <sup>a</sup> ±0,05	-	-	-	-	< 0,05
Timo	21	2,88 <sup>c</sup> ±0,15	2,98 <sup>c</sup> ±0,16	1,85 <sup>ab</sup> ±0,16	2,04 <sup>b</sup> ±0,15	1,75 <sup>ab</sup> ±0,16	1,57 <sup>a</sup> ±0,15	< 0,05
	42	2,90 <sup>b</sup> ±0,16	2,71 <sup>b</sup> ±0,16	1,59 <sup>a</sup> ±0,16	1,80 <sup>a</sup> ±0,16	1,81 <sup>a</sup> ±0,16	1,79 <sup>a</sup> ±0,16	< 0,05
	63	2,44 ±0,16	2,22 ±0,16	-	-	-	-	0,32
Hígado	21	29,89 <sup>c</sup> ±0,79	29,38 <sup>bc</sup> ±0,83	26,69 <sup>a</sup> ±0,80	27,71 <sup>abc</sup> ±0,79	27,50 <sup>ab</sup> ±0,80	28,35 <sup>abc</sup> ±0,79	< 0,05
	42	20,55 ±0,48	21,69 ±0,48	20,83 ±0,48	21,56 ±0,48	21,76 ±0,48	21,25 ±0,48	0,38
	63	17,68 ±0,52	18,69 ±0,52	-	-	-	-	0,18
Bolsa de Fabricio	21	2,85 <sup>b</sup> ±0,13	2,33 <sup>a</sup> ±0,14	1,98 <sup>a</sup> ±0,13	2,09 <sup>a</sup> ±0,13	2,12 <sup>a</sup> ±0,13	2,33 <sup>a</sup> ±0,13	< 0,05
	42	0,54 <sup>bc</sup> ±0,05	0,44 <sup>abc</sup> ±0,05	0,42 <sup>ab</sup> ±0,05	0,45 <sup>abc</sup> ±0,05	0,40 <sup>a</sup> ±0,05	0,56 <sup>c</sup> ±0,05	0,08

En el caso de bazo en el día 21 no hubo diferencias entre tratamientos. Sí se observan diferencias en el día 42 donde los animales de crecimiento lento (L1 y L2) y los del tratamiento de rápido crecimiento y baja densidad de la sala 1 (RBD1) muestran un desarrollo anormal (más grande) de este órgano. Además se observa una tendencia a que el bazo de los animales de la sala 2 sea ligeramente más pequeño. Esta tendencia se confirma a partir del día 63, donde se observan diferencias significativas entre salas, teniendo los animales de la sala 1 un bazo más grande que los animales de la sala 2, de modo que las condiciones ambientales tuvieron un efecto como estresor en esta sala reduciendo el tamaño relativo del órgano (Wang et. al.,2010).

Los datos del Timo muestran diferencias significativas a los 21 y 42 días, donde los animales de crecimiento lento presentan un ratio mayor que los animales de crecimiento rápido (órgano sobre desarrollado). Los resultados del timo reflejan una diferencia entre estirpes, pero no entre salas, por lo que ni las condiciones ambientales ni la densidad de alojamiento tuvieron efecto sobre el desarrollo del timo.

En referencia al hígado se observan diferencias significativas a los 21 días, donde nuevamente los animales de crecimiento lento presentan un mayor peso del órgano. Estas diferencias se diluyen conforme los animales crecen, ya que no hay diferencias significativas los días 42 y 63 del ciclo.



Por último, respecto a la bolsa de Fabricio, encontramos nuevamente diferencias entre tratamientos en los dos muestreos (días 21 y 42). Estas diferencias, no obstante, no responden a un patrón causado por la estirpe, la densidad de alojamiento o las condiciones ambientales.

#### 4.4. TEST DE MIEDO

Los resultados de la prueba de inmovilidad tónica se muestran en la Tabla 9.

**Tabla 9. Resultados del test de inmovilidad tónica inducida.** (L2: Pollos de crecimiento lento sala 2; RAD2: Pollos de crecimiento rápido a alta densidad sala 2; RBD2: Pollos de crecimiento rápido a baja densidad sala 2. La tabla se lee por columnas; diferentes letras muestran diferencia significativas (P-Valor < 0,05); los datos se representan como: medias  $\pm$  error estándar.

Tratamiento	Media Tiempo (min.)	Numero muestra (n)	Error Est. (min.)
L2	3,783 <sup>b</sup>	40	0,510
RAD2	1,698 <sup>a</sup>	38	0,523
RBD2	2,282 <sup>a</sup>	36	0,538
P-Valor		< 0,05	

Se puede observar como los animales procedentes de la estirpe de crecimiento lento presentan un mayor periodo de tiempo en responder al estímulo de manera significativa respecto los animales de crecimiento rápido. Esto quiere decir que los animales de crecimiento lento están sufriendo un mayor estrés y miedo en la prueba de inmovilidad tónica. Estos resultados pueden deberse a que los animales de crecimiento lento sean más susceptibles a sufrir estrés en sistemas de producción intensivos, respecto los de crecimiento rápido, tal y como se observa también en los datos de los órganos factores de estudio del estrés a nivel anatómico.

#### 4.5. LESIONES EN EL APARATO RESPIRATORIO

El amoníaco a altas concentraciones, no solo provoca un estímulo de estrés para el animal que puede hacer disminuir su producción e índice de conversión, si no afecta a su salud, causando irritación en las membranas mucosas, y en los ojos, así como en el sistema respiratorio; aumentando la susceptibilidad a padecer enfermedades respiratorias (Kristensen y Wathes, 2000; David et al., 2015). De ahí la importancia de la medición de los daños provocados por NH<sub>3</sub>. Se presentan a continuación los resultados obtenidos separados por cada órgano evaluado y por día de muestreo, para todos los tratamientos en el día 42 y sólo para los animales de crecimiento lento en el día 63.

## 4.5.1. Día 42

## - Tráquea

En la Tabla 10 se representan los daños observados en las tráqueas.

**Tabla 10. Resultados de los daños observados en la tráquea.** (L1: Pollos de crecimiento lento sala1; L2: Pollos de crecimiento lento sala 2; RAD1: Pollos de crecimiento rápido a alta densidad sala 1; RAD2: Pollos de crecimiento rápido a alta densidad sala 2; RBD1: Pollos de crecimiento rápido a baja densidad sala 1; RBD2: Pollos de crecimiento rápido a baja densidad sala 2. La tabla se lee por filas; con p-valor de  $\geq 0,05$ ).

Tratamiento	0	1	2	n (%)	n
L1	16,11%	0,56%	0,00%	16,67%	30
L2	9,44%	7,22%	0,00%	16,67%	30
RAD1	15,00%	1,67%	0,00%	16,67%	30
RAD2	10,00%	5,56%	1,11%	16,67%	30
RBD1	14,44%	2,22%	0,00%	16,67%	30
RBD2	8,33%	8,33%	0,00%	16,67%	30
<b>Total</b>	<b>73,33%</b>	<b>25,56%</b>	<b>1,11%</b>	<b>100,00%</b>	<b>180</b>

Como se puede observar, los animales de la sala 2 presentan un mayor porcentaje de daños respecto a los tratamientos análogos en la sala 1 confirmando los resultados de la bibliografía (Kristensen y Wathes, 2000; David et al., 2015). Además, en la sala 2 los tratamientos de crecimiento lento (L2) y de crecimiento rápido de baja densidad (RBD2) tienen mayor número de individuos con daños que los animales de alta densidad (RAD2). Esto último es contrario a lo reportado por Li et al. (2019) que encontraron un mayor nivel de estrés al aumentar la densidad de, provocando que los parámetros productivos sean menores y que los animales sean más susceptibles al ambiente.

## - Bronquios

En la Tabla 11 se resumen los daños producidos al nivel de los bronquios.

**Tabla 11. Resultados de los daños observados en los bronquios** (L1: Pollos de crecimiento lento sala1; L2: Pollos de crecimiento lento sala 2; RAD1: Pollos de crecimiento rápido a alta densidad sala 1; RAD2: Pollos de crecimiento rápido a alta densidad sala 2; RBD1: Pollos de crecimiento rápido a baja densidad sala 1; RBD2: Pollos de crecimiento rápido a baja densidad sala 2. La tabla se lee por filas; con p-valor de 0,21).

tratamiento	0	1	2	n (%)	n
L1	16,67%	0,00%	0,00%	16,67%	30
L2	15,56%	1,11%	0,00%	16,67%	30
RAD1	16,67%	0,00%	0,00%	16,67%	30
RAD2	16,11%	0,56%	0,00%	16,67%	30
RBD1	16,67%	0,00%	0,00%	16,67%	30
RBD2	16,67%	0,00%	0,00%	16,67%	30
<b>Total</b>	<b>98,33%</b>	<b>1,67%</b>	<b>0,00%</b>	<b>100,00%</b>	<b>180</b>

Como se puede ver, en el caso de los bronquios, no se observaron lesiones relevantes en la mayor parte de los animales, por lo que no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Esto puede deberse a que el periodo de exposición al NH<sub>3</sub> no fuera suficientemente prolongado.

- **Pulmones**

En la Tabla 12 se puede ver los resultados de los daños en los pulmones y la diferencia entre tratamientos.

**Tabla 12. Resultados de los daños observados en los pulmones.** (L1: Pollos de crecimiento lento sala1; L2: Pollos de crecimiento lento sala 2; RAD1: Pollos de crecimiento rápido a alta densidad sala 1; RAD2: Pollos de crecimiento rápido a alta densidad sala 2; RBD1: Pollos de crecimiento rápido a baja densidad sala 1; RBD2: Pollos de crecimiento rápido a baja densidad sala 2. La tabla se lee por filas; con p-valor de  $\geq 0,05$ ).

tratamiento	0	1	2	n (%)	n
L1	15,56%	1,11%	0,00%	16,67%	30
L2	12,78%	3,89%	0,00%	16,67%	30
RAD1	10,00%	6,67%	0,00%	16,67%	30
RAD2	5,56%	11,11%	0,00%	16,67%	30
RBD1	10,56%	5,56%	0,56%	16,67%	30
RBD2	3,89%	10,00%	2,78%	16,67%	30
<b>Total</b>	<b>58,33%</b>	<b>38,33%</b>	<b>3,33%</b>	<b>100,00%</b>	<b>180</b>

Al igual, que ocurre con la tráquea, la sala 2 muestra unos porcentajes más altos de daños en los pulmones que la sala 1, probablemente a causa de las peores condiciones ambientales alcanzadas en la sala 2 coincidiendo con Kristensen y Wathes, (2000) y David et al., (2015). También cabe destacar el efecto de la estirpe, observándose una mayor prevalencia de animales con daños leves o graves para la estirpe de crecimiento rápido.

- **Patas**

En la Tabla 13 se muestra los resultados de los daños observados en las patas.

**Tabla 13. Resultados de los daños observados en las patas:**(L1: Pollos de crecimiento lento sala1; L2: Pollos de crecimiento lento sala 2; RAD1: Pollos de crecimiento rápido a alta densidad sala 1; RAD2: Pollos de crecimiento rápido a alta densidad sala 2; RBD1: Pollos de crecimiento rápido a baja densidad sala 1; RBD2: Pollos de crecimiento rápido a baja densidad sala 2. La tabla se lee por filas; con p-valor de  $\geq 0,05$ ).

tratamiento	0	1	2	3	n (%)	n
L1	16,67%	0,00%	0,00%	0,00%	16,67%	30
L2	16,67%	0,00%	0,00%	0,00%	16,67%	30
RAD1	14,44%	2,22%	0,00%	0,00%	16,67%	30
RAD2	12,22%	3,33%	0,56%	0,56%	16,67%	30
RBD1	16,67%	0,00%	0,00%	0,00%	16,67%	30
RBD2	14,44%	1,67%	0,56%	0,00%	16,67%	30
<b>Total</b>	<b>91,11%</b>	<b>7,22%</b>	<b>1,11%</b>	<b>0,56%</b>	<b>100,00%</b>	<b>180</b>

Se aprecia cómo, para los animales de crecimiento rápido, hubo un efecto de la sala. Los animales procedentes de la Sala 2, presentaron con mayor frecuencia lesiones que los de la sala 1. La mayor humedad de la cama tras aplicar agua y la solución de urea podría ser la causa de estas diferencias. Ya que un aumento de la humedad de la cama provoca un aumento considerable de las quemaduras en las almohadillas (Martland, 1985).

- **Ojos:**

En este caso no se presentaron ningún tipo de daño en los ojos de los animales muestreados a día 42.

**4.5.2. Día 63**

- **Tráquea**

En la Tabla 14 se representan los daños observados en la tráquea de los animales de crecimiento lento al final del ciclo cuyos datos significativos son provocados por el NH<sub>3</sub> a día 63.

**Tabla 14. Resultados de los daños observados en la tráquea.** (L1: Pollos de crecimiento lento sala1; L2: Pollos de crecimiento lento sala 2. La tabla se lee por filas; con p-valor de  $\geq 0,05$ ).

tratamiento	0	1	2	n (%)	n
L1	25,00%	23,33%	1,67%	50,00%	30
L2	43,33%	5,00%	1,67%	50,00%	30
<b>Total</b>	68,33%	28,33%	3,33%	100,00%	60

Se puede observar como los animales procedentes de la sala 1 presentan, en un mayor porcentaje, daños leves. Esto puede deberse a que a que la cama de la sala 1 tiene un menor porcentaje de humedad, lo que provocaría un aumento de la emisiones de material particulado provocando daños en el sistema respiratorio (Cambra-López et al., 2010) a pesar de que las concentraciones de NH<sub>3</sub> fueron menores que en la sala 2.

- **Bronquios**

A nivel de los bronquios, tan sólo un animal de la sala 1 presentó lesiones leves, por lo que, de igual modo que ocurrió con los resultados del día 42, no se observa un efecto de los tratamientos sobre este órgano.

- **Pulmones**

En la Tabla 15 se pueden ver los resultados de los daños en los pulmones a día 63. Pese a encontrarse en este caso más animales afectados por daños de diversa consideración, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

**Tabla 15. Resultados de los daños observados en los pulmones.** (L1: Pollos de crecimiento lento sala1; L2: Pollos de crecimiento lento sala 2. La tabla se lee por filas; con p-valor de 0,54).

tratamiento	0	1	2	3	n (%)	n
L1	18,33%	26,67%	5,00%	0,00%	50,00%	30
L2	16,67%	30,00%	1,67%	1,67%	50,00%	30
Total	35,00%	56,67%	6,67%	1,67%	100,00%	60

- **Patas y ojos**

No se observaron lesiones en los animales de ninguna de las salas en ambas evaluaciones.

## 5. CONCLUSIONES

1. La variación del tamaño de grupo y la densidad de producción no ha tenido efecto directo sobre los parámetros productivos y el nivel de miedo de los animales.
2. Las condiciones ambientales han afectado de forma diferente a los animales en función de la densidad de alojamiento, presentando los animales procedentes de los tratamientos de menor densidad los que tiene menor porcentaje de daños en la mayoría de parámetros estudiados.
3. Las condiciones ambientales han afectado a los animales a nivel inmunitario, haciendo que los animales expuestos a un peor ambiente tengan un peor estado inmunitario, siendo así más susceptibles frente a los patógenos y más propensos y sufrir enfermedades
4. El uso de estirpes de crecimiento más lento no tiene efectos sobre los parámetros productivos, ya que a pesar de tener una velocidad de crecimiento más lenta, su índice de conversión no es diferente al de las estirpes de crecimiento rápido.
5. La estirpe de los animales afectó a su estado inmunitario y la evaluación del miedo. Los animales de crecimiento lento son más propensos a padecer deficiencias inmunológicas y miedo (aumento del estrés) frente a los animales de crecimiento rápido, haciendo los así más susceptibles a los patógenos.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- ABOUELENIEN, F.; KHALF-ALLA, F.; MOUSA-BALABEL, T.; EL-MIDANY, S.; NASSER, M.; (2016). Effect of Stocking Density and Bird Age on Air Ammonia, Performance and Blood Parameters of Broilers. *World's Veterinary Journal*. Volumen 6 (3). 130-136 pp.
- ALLEN, H.; BANDRICK, M.; CASEY, T.; LEVINE, U.; LOOFT, T. (2013). Treatment, promotion, commotion: antibiotic alternatives in food-producing animals. *Trends in Microbiology*. Volume 21. 114–119pp. doi: 10.1016/j.tim.2012.11.001
- ANGKEKE, I.; SARJANA, T.; SUPRIJATNA, E.; (2018). The influence of microclimatic ammonia changes in closed house on broiler's performance in dry season. *Journal of Animal Production*. Volumen 20. 125-131pp. ref.21. ISSN: 1411-2027
- BEKER, A.; VANHOOSER, S.; SWARTLANDER, J.; TEETER, R.; (2004). Atmospheric ammonia concentration effects on broilers growth and performance. *Journal of Applied Poultry Research*. Volumen 13. 5-9 pp. doi: 10.1093/japr/13.1.5
- BROOM, D.; JOHNSON, K.; (1993). *Stress and animal welfare*. Kluwer Academic Publishers. Londres. ISBN: 0412395800
- BUNNIK, B.; FARRAR, J.; WARD, M., WOOLHOUSE, M. (2015). Antimicrobial resistance in humans, livestock and the wider environment. *Philosophical Transactions B. Royal Society*. Volumen 370. 7 pp. doi: 10.1098/rstb.2014.0083
- CALVET, S.; CAMBRA-LOPEZ, M.; ESTELLES, F.; TORRES A.; (2011). Characterization of gas emissions from a Mediterranean broiler farm. *Poultry Science*. Volumen 90. 534-542 pp. doi: 10.3382/ps.2010-01037
- CAMBRA-LÓPEZ, M.; AARNIK, A.; ZHAO, Y.; CALVET, S.; TORRES, A.; (2009). Airborne particulate matter from livestock production systems: A review of an air pollution problem. *Environmental Pollution*. Volumen 158, 1-17 pp. doi: 10.1016/j.envpol.2009.07.011
- CHENG, G., HAO, H., XIE, S., WANG, X., DAI, M., HUANG, L., YUAN, Z. (2014). Antibiotic alternatives: the substitution of antibiotics in animal husbandry. *Frontiers in Microbiology*. Volumen 5. Artículo 217. Doi: 10.3389/fmicb.2014.00217
- COLDITZ, I.; HINE, B.; (2016). *Resiliencia en animales de explotación: la biología, la gestión, la cría y las implicaciones para el bienestar animal*. CSIRO Agricultura. doi: 10.1071/AN15297
- DAVID, B.; MEJDELL, C.; MICHEL, V.; LUND, V.; MOE, R.; (2015). Air Quality in Alternative Housing Systems May Have an Impact on Laying Hen Welfare. Part II—Ammonia. *Poultry Welfare*. doi: 10.3390/ani5030389. Recuperado de <https://www.mdpi.com/2076-2615/5/3/389/htm>
- DAWKINS M.S. (2017). Animal welfare and efficient farming: is conflict inevitable. *Animal Production Science*. Volumen 57. 201–208 pp. doi: 10.1071/AN15383

- DOHMEN, W.; DORADO-GARCÍA, A.; BONTEN, M.; WAGENAAR, J.; MEVIUS, D.; HEEDERIK, D.; (2017). Risk factors for ESBL-producing *Escherichia coli* on pig farms: A longitudinal study in the context of reduced use of antimicrobials. *PlosOne* Volumen 12. Artículo 3. doi: 10.1371/journal.pone.0174094
- DOZIER, W.; PURSWELL, J.; BRANTON, S.; (2006). Growth responses of male broilers subjected to high air velocity for either twenty-four hours from thirty-seven to fifty-one days of age. *Agriculture Poultry Research*. Volumen 15. 362-366 pp.
- DUCATELLE, R.; HUYGHEBAERT, G.; IMMERSEEL, F. (2011). An update on alternatives to antimicrobial growth promoters for broilers. *The Veterinary Journal*. Volume 187, 2. 182-188 pp. doi: 10.1016/j.tvjl.2010.03.003
- ESVAC. (2016). Sales of veterinary antimicrobial agents in 29 European countries in 2014. Trends from 2011 to 2014. Sixth ESVAC report. 176 páginas.
- EU (UNION EUROPEA), (1998). Resolución sobre el uso de antibióticos en la alimentación animal. DOC: 167 de 1.6.1998, p. 306
- FAO (2019). Resistencia a los antimicrobianos. Visto el 12 de junio de 2019. <http://www.fao.org/antimicrobial-resistance/es>
- FAOSTAT (2019). La producción de carne de pollo en España y Europa en 2017. Visto el 4 de junio de 2019. <http://www.fao.org/faostat/es/#compare>
- FREIRE, R.; WILKINS, L.; SHORT, F.; NICOL, C.; (2003). Behaviour and welfare of individual laying hens in a non-cage system. *British Poultry Science*. Volumen 44. 22-29 pp. doi: 10.1080/0007166031000085391
- FUKUDA, K. (2014). Antimicrobial resistance: global report on surveillance. World Health Organization. 257 pp. ISBN: 978 92 4 156474 8
- GUERRA, E.; (2017). Evaluación de alternativas en las instalaciones avícolas de pollos de carne para la mejora de las condiciones de confort de los animals. Tesis. 1-157 pp.
- HAVENSTEIN, G.; FERKET, P.; QURESHI, M. (2003a). Growth, livability, and feed conversión of 1957 versus 2001 broilers when fed representative 1957 and 2001 broilerdiets. *PoultryScience*. Volume 82. 1500–1508 pp. doi: 10.1093/ps/82.10.1500
- HAVENSTEIN, G.; FERKET, P.; QURESHI, M. (2003b). Carcass composition and yield of 1957 versus 2001 broilers when fedre presentative 1957 and 2001 broiler diets. *Poultry Science*. Volume 82.1509-1518 pp. doi: 10.1093/ps/82.10.1509
- HUBBARD; (2016). Fiche produit hubbard: votre croisement JA757. Visto el 2 de enero de 2019. <https://www.hubbardbreeders.com/action-PrintProductToPdf-7931-5-9>



- HUYGHEBAERT, G.; DUCATELLE, R.; VAN IMMENSEEL, F.; (2011). An update on alternatives to antimicrobial growth promoters for broilers. *The Veterinary Journal*. Volumen 187. 182-188 pp. doi: 10.1016/j.tvjl.2010.03.003
- JIA, S.; LI, B.; MIAO, Y.; YE, L.; ZHAO, Y.; ZHANG, T.; ZHANG, X.X. (2017). Fate of antibiotic resistance genes and their associations with bacterial community in livestock breeding waste water and its receiving river water. *Water Research*. Volume 124. 259-268 pp. doi: 10.1016/j.watres.2017.07.061
- JONES, B.; (1986). The tonic immobility reaction of the domestic fowl: a review. *World's Poultry Science Journal*. Volumen 42. 82-96 pp. doi: 10.1079/WPS19860008
- JONES, B.; (1990). Is the experimenter an influential variable in studies of tonic immobility in the domestic fowl. *Biology of behaviour (Paris)*. Volumen 15. 93-103 pp. INIST 19313203
- JULIAN, R.; (1998). Rapid growth problems: ascites and skeletal deformities in broilers. *Poultry Science*. Volume 77. 1773–1780 pp. doi: 10.1093/ps/77.12.1773
- KRISTENSEN, H.; WATHES, C.; (2000). Ammonia and poultry welfare: a review. *World's Poultry Science Journal*. Volumen 56
- KRUSE, H.; SØRUM, H.; (1994). Transfer of multiple drug resistance plasmids between bacteria of diverse origins in natural microenvironments. *Applied and environmental microbiology*. Volumen 60. 4015-4021 pp. doi: 0099-2240/94/\$04.00+0
- LI, X.; ZHANG, M.; LIU, S.; FENG, J.; MA, D.; LIU, Q.; ZHOU, Y.; WANG, X.; XING, S.; (2019). Effects of stocking density on growth performance, growth regulatory factors, and endocrine hormones in broilers under appropriate environments. *Poultry Science*. Volume 98. 6611–6617 pp. doi: 10.3382/ps/pez505
- MAPAMA (2018). El sector de la avicultura de carne en cifras: Principales Indicadores Económicos. Subdirección General de Productos Ganaderos, Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios. 92 pp. Visto el 10 de junio de 2019. [https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/indicadoresaviculturacarneparapublicar2018\\_tcm30-419674.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/indicadoresaviculturacarneparapublicar2018_tcm30-419674.pdf)
- MARTLAND, M.; (1985). Ulcerative dermatitis in broiler chickens: The effects of wet litter. *Avian Pathology*. Volumen 14(3), 353-364 pp. doi: 10.1080/03079458508436237
- MATTHEWS, S.G.; MILLER, A.L.; CLAPP, J.; PLÖTZ, T.; KYRIAZAKIS, I.; (2016). Early detection of health and welfare compromises through automated detection of behavioural changes in pigs. *The Veterinary Journal*. Volumen 217. 43-51 pp. doi: 10.1016/j.tvjl.2016.09.005
- MEDERIOS, C.; (2001). Ajuste de modelos y determinación de índice térmico ambiental de productividad para pollo de engorde. Universidade Federal de Viçosa. Tesis. 1-115 pp.
- MELUZZI, A.; SIRRI, F. (2008). Welfare of broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*. 8: sup 1. 161-173 pp. doi: 10.4081/ijas.2009.s1.161

- O'NEILL, J.; (2016). Tackling drug-resistant infections globally: final report and recommendations. The review on antimicrobial resistance. 4 pp. 1605\_Final paper\_with cover.pdf
- OLANREWAJU, H.; PURSWELL, J.; COLIER, S.; BRANTON, S.; (2010). Effect of ambient temperature and light intensity on physiological reactions of heavy broiler chickens. Poultry Science. Volumen 89. 2668-2677 pp.
- POPE, C.; (1991). Pathology of lymphoid organs with emphasis on immunosuppression. Veterinary Immunology and Immunopathology. Volumen 30. 31–44 pp. doi: 10.1016/0165-2427(91)90006-X
- RAVINDRAN, V.; THOMAS D.; THOMAS, D.; MOREL, P.; (2006). Performance and welfare of broilers as affected by stocking density and zinc bacitracin supplementation. Animal Science Journal. Volumen 77. 110–116 pp. doi: 10.1111/j.1740-0929.2006.00327.x
- REAL DECRETO 692/2010, de 20 de mayo, por el que se establecen las normas mínimas para la protección de los pollos destinados a la producción de carne.
- REGLAMENTO (EC) No 1831/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 Septiembre de 2003 sobre los aditivos en la alimentación animal.
- ROSS;(2017). Pollo de engorde ROSS 308 AP: Objetivos de rendimiento. Visto el 2 de enero de 2019.  
[http://es.aviagen.com/assets/Tech\\_Center/BB\\_Foreign\\_Language\\_Docs/Spanish\\_Tech\\_Docs/Ross308AP-Broiler-PO-2017-ES.pdf](http://es.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_Tech_Docs/Ross308AP-Broiler-PO-2017-ES.pdf)
- SHUYU, J; XU-XIANG, Z; YU, M; AYANTING, Z; LI, N.; YE, L.; ZHANG, T. (2017). Fate of antibiotic resistance genes and their associations with bacterial community in livestock breeding waste water and its receiving river water. Water Research. Volume 124. 259-268 pp. doi: 10.1016/j.watres.2017.07.061
- SNOEK, D.; STIGTER, D.; OGINK, N.; KOERKAMP, P.; (2014). Sensitivity analysis of mechanistic models for estimating ammonia emission from dairy cow urine puddles. Biosystems Engineering. Volume 121. 12-24 pp. doi: 10.1016/j.biosystemseng.2014.02.003
- TERZICH, M.; QUARLES, C.; GOODWIN, M.; BROWN, J.; (1998). Effect of poultry litter treatment (PLT) on the development of respiratory tract lesions in broilers. Avian Pathology. Volumen 27. 566-569 pp. doi: 10.1080/03079459808419385
- VAN BOECKEL T.; BROWER, C. ; GILBERT, M.; GRENFELL, B.; LEVIN, S.; ROBINSON, T.; TEILLANT, A.; LAXMINARAYAN, R. (2015). Global trends in antimicrobial use in food animals. PNAS. Volumen 112, (18). 5649-5654 pp. doi: 10.1073/pnas.1503141112
- VANDENHEEDE, M.; (2003). Animal welfare: The contribution of ethology. Annales Medecine Veterinaire. Volumen 147. 17 - 22 pp. <http://hdl.handle.net/2268/26504>
- WANG, Y.; MENG, Q.; GUO, Y. ; WANG, Y.; WANG, Z. ; YAO, Z.; SHAN, T.; (2010). Effect of atmospheric ammonia on growth performance and immunological response of broiler chickens. Journal of Animal and Veterinary Advances. Volumen 9. 2802-2806 pp. ref.19

WELFARE QUALITY; (2009). Welfare quality : Assessment protocol for poultry. Visto el dia 5 de mayo de 2019. <https://edepot.wur.nl/233471>

ZARNAB S.; CHAUDHARY, M.; JAVED M.; KHATOON, A.; SALEEMI, M.; AHMED, T.; TARIQ, N.; MANZOOR, F.; JAVED, I.; ZHANG , H.; ZHENHUA, X.; PENG, Y.; (2019). Effects of induced high ammonia concentration in air on gross and histopathology of different body organs in experimental broiler birds and its amelioration by different modifiers. Pakistan Veterinary Journal. doi: 10.29261/pakvetj/2019.068