UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

SISTEMA DE ESTUDIOS DE PROGRADO

EVALUACIÓN DEL BIENESTAR DE POLLOS DE ENGORDE EN CONDICIONES COMERCIALES, EN LA GRANJA, DURANTE LA CAPTURA, EL TRANSPORTE Y LA PLANTA DE COSECHA, MEDIANTE INDICADORES BASADOS EN LOS RECURSOS DISPONIBLES Y EN EL ANIMAL

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales para optar al grado y título de Doctorado Académico en Ciencias Agrícolas

REBECA MARÍA ZAMORA SANABRIA

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2022

DEDICATORIA

Dedicada a las grandes y pequeñas criaturas animales que hacen de este un mejor mundo, a las que debemos nuestro respeto y esfuerzo diario.

Agradecimientos

A Dios y muy especialmente a mi esposo Sergio Monge y a los doctores de mi comité de tesis Dr. Jorge Elizondo, Dr. Jorge Camacho y Dra. María del Pilar Castañeda por su paciencia apoyo e inspiración.

A André Cedeño, Francisco Chaves, Mónica Castro, Humberto Ugalde, Esteban Murillo, Andrea Esquivel, Carolina Zamora, a los granjeros y personal de la planta de proceso y de las cuadrillas de atrapado, especialmente a Fausto y a Cristian, sin ellos no hubiera sido posible la realización de este trabajo. A mis compañeros Alejandro Saborío, Rodolfo WingChing, Pablo Ramírez y Andrea Brenes por no dejarme desfallecer.

Esta tesis fue posible por el apoyo económico de la Asociación Latinomericana de Avicultura (ALA) de la US Poultry and Egg Association y de la Red Macro de Universidades Latinomericanas.

"Esta tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica, como requisito para optar por el grado y título de Doctorado en Ciencias Agrícolas"

Dra. Catalina Salas Durán
Representante de la Decana del Sistema de Estudios de Posgrado

Dr. Jorge Elizondo Salazar
Profesor Guía

Dr. Jorge Camacho Sandoval
Lector

Dra. María del Pilar Castañeda Serrano
Lectora

Dr. Andrey Sequeira Cordero
Representante de la Directora del Programa de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales

Rebeca María Zamora Sanabria
Sustentante

Cuadro de contenido

DEDICATORIA ..... *ii*

Resumen General ..... *vii*

Introducción general *1*

Justificación **4**

Objetivo general y objetivos específicos *8*

Revisión de literatura *9*

Concepto de bienestar animal **9**

Definición de bienestar animal **11**

Enfoques **14**

Principales factores que afectan el bienestar de los pollos de engorde **15**

Evaluación del bienestar animal **19**

Sistemas de alojamiento **23**

Referencias **26**

1. Indicadores de bienestar en pollos de engorde en la primera y quinta semana de vida *33*

Resumen: **33**

Introducción **36**

Materiales y Métodos **41**

Indicadores de salud 43
Indicadores productivos 44
Indicadores de comportamiento 45
Indicadores fisiológicos 47
Indicadores ambientales 47
Indicadores de alojamiento 49
Análisis de datos 51

Resultados **56**

1. **Análisis descriptivo de las granjas durante la primera y quinta semana de vida** 56
2. **Análisis de correlación** 60
4. **Resumen de la carga factorial** 80
6. **Efecto de los componentes principales sobre el bienestar de los pollos** 86
7. **Efecto de las variables categóricas sobre el bienestar animal** 99

Discusión **103**

1. **Análisis descriptivo** 103
2. **Análisis de correlación** 107
3. **Análisis de componentes principales** 112
4. **Carga factorial** 116
5. **Matrices de componentes rotados** 119
6. **Efecto de los componentes principales sobre el bienestar animal** 120
7. **Efecto de las variables categóricas sobre el bienestar animal** 123

Conclusiones **124**

Referencias **127**

2. Indicadores de bienestar de pollos durante el ayuno, captura, transporte y espera al sacrificio ***138***

Resumen **138**

Introducción **142**

Materiales y métodos **146**

Factores asociados con la granja 146
Ayuno 147
Captura 148
Transporte 150
Condiciones pre-sacrificio o ante-mortem 153
Indicadores de bienestar 154
Análisis de los datos 158

Resultados **163**

1. Indicadores fisiológicos 163
2. Análisis descriptivo 165
3. Análisis de correlación 170
4. Análisis de componentes principales 175
5. Carga factorial 177
6. Matrices de componentes rotados 180
8. Análisis de variables categóricas 188

Discusión **199**

1. Indicadores fisiológicos 199
2. Análisis descriptivo 203
3. Análisis de correlación 206
4. Análisis de componentes principales 210
5. Matrices de componentes rotados 213
6. Efecto de los componentes principales sobre el bienestar de los pollos 215
7. Análisis de variables categóricas 216

Conclusiones **219**

Referencias **220**

3. Indicadores de bienestar animal y severidad de miopatías en pollos de engorde ***229***

Resumen **229**

Introducción **231**

Materiales y métodos **234**

Resultados y discusión **239**

Conclusiones ***253***

Referencias **255**

Resumen General

Introducción. La definición del bienestar animal y de los aspectos que lo constituyen son multidimensionales, es difícil determinar su causa-efecto y evaluar el bienestar en grandes parvadas es complejo. Los problemas de bienestar comprometen al animal individual en todas sus etapas. Sin embargo; pocos trabajos utilizan un amplio rango de indicadores y pocos evalúan el bienestar a nivel comercial. Las miopatías son condiciones que se presentan con gran frecuencia, pero pocos estudios investigan su relación con el bienestar animal**. Objetivo.** Evaluar el bienestar animal en pollos de engorde en condiciones comerciales y experimentales, en la granja, durante la captura, el transporte y en la planta de cosecha. **Materiales y métodos.** Se estudiaron los efectos de condiciones de salud, fisiológicas, de ambiente, alojamiento y comportamiento en el bienestar de los pollos en la granja, durante la captura, el transporte, previo y posterior al sacrificio. Para reducir la complejidad de los factores estudiados se realizaron análisis de componentes principales (CP) con el fin de conocer el efecto de los CP sobre el bienestar de los pollos. Se realizaron varias pruebas para conocer el efecto de diferentes grados de dos miopatías sobre el bienestar de los pollos. **Resultados.** El abordaje de componentes principales permitió la simplificación e identificación los efectos más importantes en la granja: la calefacción, la calidad de la cama, la presencia de enfermedad, la disponibilidad de recursos, las condiciones ambientales y los comportamientos de motivación como el baño de arena y el acicalamiento**.** Las condiciones de infraestructura y ambientales durante la captura, el ayuno, las condiciones de lluvia, viento y condición del camino durante el transporte y los factores humanos se sugieren como los más importantes a considerar en el bienestar de pollos bajo condiciones comerciales. Las granjas evaluadas presentaron oportunidades de mejora en las condiciones ambientales y de integridad de las patas en la granja y previas a la captura, en las condiciones de captura para el personal y en las condiciones durante el transporte. Los indicadores fisiológicos no tuvieron relación con la severidad de las lesiones encontradas para las miopatías estudiadas. La

severidad de las lesiones estuvo significativamente asociada con la edad, el peso vivo, y el peso de la pechuga. La palpación in vivo de las pechugas se sugiere como un indicador no invasivo de la presencia de miopatías. **Conclusiones.** Las condiciones ambientales, de salud, de infraestructura y el factor humano fueron identificadas como los principales factores que afectaron el bienestar de los pollos de engorde a nivel comercial.

Abstract

Introduction. The definition of animal welfare and the aspects that constitute it are multidimensional, it is difficult to determine its cause-effect and to evaluate the welfare in large flocks is complex. Welfare problems involve the individual animal at all stages. However, few papers use a wide range of indicators, and few assess welfare at a commercial level. Myopathies are conditions that occur very frequently, but few studies investigate their relationship with animal welfare**. Objective.** The objective was to evaluate animal welfare in broilers under commercial and experimental conditions, on the farm, during capture, transport and at the harvest plant. **Materials and methods.** The effects of health, physiological, environmental, housing, and behavioral conditions on the welfare of chickens on the farm, during capture, transport, pre- and post-slaughter were studied. To reduce the complexity of the factors studied, principal component analysis (CP) was performed to know the effect of CPs on the welfare of chickens. Other tests were carried out to know the effect of different degrees of two myopathies on broilers' welfare. **Results.** The main component approach allowed the simplification and identification of the most important effects on the farm: heating, litter quality, presence of disease, resources availability, environmental conditions, and motivational behaviors such as sand bathing and grooming**.** Infrastructure and environmental conditions during catching, fasting, rainy, windy and road condition conditions during transport and human factors are suggested as the most important to consider in the welfare of chickens under commercial conditions. The evaluated farms presented opportunities for improvement in

environmental and leg integrity conditions on the farm and prior to capture, in catch conditions for personnel and in conditions during transport. The physiological indicators were not related to the severity of the lesions found for the myopathies studied. The severity of the injuries was significantly associated with age, live weight, and breast weight. In vivo palpation of the breasts is suggested as a non-invasive indicator of the presence of myopathies. **Conclusions.** Environmental, health, infrastructure and human conditions were identified as the main factors affecting the welfare of broilers at a commercial level.

Índice de cuadros

Cuadro 1.1. Descripción de los comportamientos naturales evaluados (etograma). 45
Cuadro 1.2. Indicadores o variables estudiadas en la granja durante la primera y quinta semana de edad..... 52
Cuadro 1.3. Resumen de la estadística descriptiva de los indicadores evaluados durante la primera semana de vida en 15 granjas comerciales de pollo de engorde. 57
Cuadro 1.4. Resumen de la estadística descriptiva de los indicadores evaluados durante la quinta semana de vida en 16 granjas comerciales de pollos de engorde. 58
Cuadro 1.5. Resumen de la estadística descriptiva de los indicadores de comportamiento natural de la primera semana de vida de los pollos de engorde..... 59
Cuadro 1.6. Resumen de la estadística descriptiva de los indicadores de comportamiento natural de la quinta semana de vida de los pollos de engorde..... 60
Cuadro 1.7. Agrupación de los indicadores para el análisis de componentes principales..... 70
Cuadro 1.8. Resumen de la carga factorial de las variables dentro de cada componente principal (CP) en la primera semana de vida de los pollos..... 81
Cuadro 1.9. Resumen de la carga factorial de las variables dentro de cada componente principal (CP) en la quinta semana de vida de los pollos. 82
Cuadro 1.10. Resumen de las regresiones lineales simples utilizadas para describir la relación entre los componentes principales (CP) y los indicadores de bienestar animal de la primera semana de vida de los pollos..... 89
Cuadro 1.11. Resumen de las regresiones lineales múltiples utilizadas para describir la relación de los componentes principales (CP) y de otras variables regresoras con los indicadores de bienestar animal de la primera semana de vida de los pollos. 92
Cuadro 1.12. Resumen de las regresiones lineales simples utilizadas para describir la relación entre variables individuales dentro de cada componente principal y su efecto sobre los indicadores de bienestar animal de la primera semana de vida de los pollos..... 94
Cuadro 1.13. Resumen de las regresiones lineales simples utilizadas para describir la relación entre los componentes principales (CP) y los indicadores de bienestar animal de la quinta semana de vida de los pollos. 97
Cuadro 1.14. Resumen de las regresiones lineales múltiples utilizadas para describir la relación entre los componentes principales (CP) y otras variables dependientes y los indicadores de bienestar animal de la quinta semana de vida de los pollos. 97
Cuadro 1.15. Resumen de las regresiones lineales simples utilizadas para describir la relación entre variables individuales dentro de los componentes principales y su efecto sobre los indicadores de bienestar animal de la quinta semana de vida de los pollos..... 98

Cuadro 1.16. Pruebas de T para las variables categóricas: cantidad de polvo, calidad de la cama y presencia de enfermedad de la primera semana de vida de los pollos. 100
Cuadro 1.17. Pruebas de T para las variables categóricas: cantidad de polvo y calidad de la cama, durante la quinta semana de vida de los pollos..... 101
Cuadro 1.18. Pruebas de T para las variables categóricas: enfermedad y tipo de galera durante la quinta semana de vida de los pollos. 102
Cuadro 2.1. Variables o indicadores evaluados, agrupados de acuerdo con su relación biológica y grado de correlación……..……..…….157
Cuadro 2.2. Pruebas T pareadas para la concentración de lactato en sangre, pH de la sangre, concentración de corticosterona, en sangre, temperatura corporal. peso corporal, en la granja y en la planta de proceso……..…….161
Cuadro 2.3. Resumen de la estadística descriptiva de los indicadores de bienestar evaluados en la granja, durante la captura, el transporte y previo al sacrificio de pollos de engorde de 16 granjas comerciales ……..….....162
Cuadro 2.4. Resumen de la estadística descriptiva de los factores ambientales de la granja, evaluados previo a la captura en 16 granjas comerciales de pollo de engorde ……..…….…..... 163
Cuadro 2.5. Resumen de la estadística descriptiva de las condiciones de captura evaluadas en 16 granjas comerciales de pollo de engorde……...164
Cuadro 2.6. Resumen de la estadística descriptiva de las condiciones de ayuno y previas al sacrificio evaluadas en 16 granjas comerciales de pollo de engorde ……..….....165
Cuadro 2.7. Resumen de la estadística descriptiva de las condiciones de transporte y previas al sacrificio de pollos de engorde de 16 granjas comerciales.....166
Cuadro 2.8. Resumen de la carga factorial de las variables dentro de cada componente principal extraído (CP).....176
Cuadro 2.9. Resumen de las regresiones lineales simples utilizadas para describir la relación entre los componentes principales (CP) y los indicadores de bienestar animal de la granja, ayuno, captura transporte.....182
Cuadro 2.10. Resumen de las regresiones lineales múltiples utilizadas para describir la relación entre los componentes principales (CP) y los indicadores de bienestar animal de la granja, ayuno, captura y transporte.....184
Cuadro 2.11. Análisis de varianza del efecto del tipo de granja, tipo de captura, clima de la granja y momento de la captura sobre las variables fisiológicas de bienestar animal.....188
Cuadro 2.12. Análisis de varianza del efecto del tipo de galera, tipo de captura, clima de la granja y momento de la captura sobre la cantidad de pollos lesionados, muertos y no aptos para la captura, el porcentaje de pollos muertos al arribo (DOA), de traumas, caquexia y celulitis.....189
Cuadro 2.13. Análisis de varianza del efecto de la condición del camino, clima del camino, clima de la planta de proceso, hora del sacrificio y posición de las jaulas en el camión sobre las variables fisiológicas de bienestar animal.....192

Cuadro 2.14. Análisis de varianza del efecto de la condición del camino, clima del camino, clima de la planta de proceso, hora del sacrificio y posición de las jaulas sobre los porcentajes de pollos muertos al arribo (DOA), traumas, caquexia y celulitis.....193
Cuadro 2.15. Análisis de varianza para los tres grupos de operarios o cuadrillas de captura y las variables de bienestar de los pollos.....195
Cuadro 3.1. Porcentaje de lesiones observadas de acuerdo con el grado de severidad para estrías blancas y pechuga de madera.....237
Cuadro 3.2. Descripción de los datos para los indicadores productivos analizados por grado de severidad para estrías blancas…….....241
Cuadro 3.3. Descripción de los datos para los indicadores fisiológicos analizados por grado de severidad para pechuga de madera.....245
Cuadro 3.4. Odds ratio, intervalo de confianza 95% y valor de P para peso vivo (kg) y peso de pechuga (kg) según el grado de severidad para estrías blancas y pechuga de madera.....247
Cuadro 3.5. Odds ratio, intervalo de confianza 95% y valor de P para la palpación de pechuga en vivo y el peso vivo.....248

Índice de figuras

Fig. 1.1. Método de evaluación mediante transectos (2,5 a 3,0 m de ancho). Las fechas indican la dirección y ubicación de los recorridos (Marchewka et al. 2013).……..……..……...……42
Fig. 1.2. Objetos novedosos utilizados durante la primera semana de vida.....46
Fig. 1.3. Termografía del techo de la granja de los indicadores estudiados durante la primera semana de vida.....49
Fig. 1.4. Coeficientes de correlación de los indicadores estudiados durante la primera semana de vida.....63
Fig. 1.5. Coeficientes de correlación de los indicadores estudiados durante la quinta semana de vida.....67
Fig. 1.6. Porcentaje de la varianza explicada por cada componente rotado de los indicadores de producción en la primera semana de vida…….....72
Fig. 1.7. Porcentaje de la varianza explicada por cada componente rotado de los indicadores de alojamiento en la primera semana de vida.....72
Fig. 1.8. Porcentaje de la varianza explicada por cada componente rotado de los indicadores de salud en la primera semana de vida…….....72
Fig. 1.9. Porcentaje de la varianza explicada por cada componente rotado de los indicadores de comportamiento en la primera semana de vida…….....72
Fig. 1.10. Porcentaje de la varianza explicada por cada componente rotado de los indicadores ambientales en la primera semana de vida…….....74
Fig. 1.11. Porcentaje de la varianza explicada por cada componente rotado de los indicadores de producción en la quinta semana de vida…….....77
Fig. 1.12. Porcentaje de la varianza explicada por cada componente rotado de los indicadores de salud en la quinta semana de vida…….....77
Fig. 1.13. Porcentaje de la varianza explicada por cada componente rotado de los indicadores de alojamiento en la quinta semana de vida…….....77
Fig. 1.14. Porcentaje de la varianza explicada por cada componente rotado de los indicadores ambientales en la quinta semana de vida……..…...77
Fig. 1.15. Porcentaje de la varianza explicada por cada componente rotado de los indicadores de comportamiento en la quinta semana de vida.....78
Fig. 1.16. Ubicación de las 15 granjas evaluadas durante la primera semana de vida de acuerdo con los componentes principales de salud…….....83
Fig. 1.17. Ubicación de las 16 granjas evaluadas durante la quinta semana de vida con respecto a los componentes principales de ambiente.....84
Fig. 1.18. Clasificación de las 16 granjas evaluadas, durante la quinta semana de vida con respecto a los componentes principales de salud.....85
Fig. 2.1. Carga de los pollos con las jaulas fuera de la galera.....146
Fig. 2.2. Sensores de temperatura y humedad, A: sensor arduino, B: sensor Haxo + Arduino.....148
Fig. 2.3. Ubicación de las jaulas evaluadas en el camión.....149
Fig. 2.4. Ubicación de las jaulas internas (E y F) en el camión.....150
Fig. 2.5. Vista interna de las jaulas donde se colocaron los sensores y los pollos identificados en forma individual.....152

Fig. 2.6. Termografía de un pollo en la jaula.....153
Fig. 2.7. Análisis de correlación de todas las variables analizadas.....171
Fig. 2.8. Porcentaje de la varianza explicada por cada componente extraído de los indicadores del grupo denominado granja.....173
Fig. 2.9. Porcentaje de la varianza explicada por cada componente extraído de los indicadores del grupo denominado ayuno.....173
Fig. 2.10. Porcentaje de la varianza explicada por cada componente extraído de los indicadores del grupo denominado captura.....173
Fig. 2.11. Porcentaje de la varianza explicada por cada componente extraído de los indicadores del grupo denominado transporte.....173
Fig. 2.12. Ubicación de cada una de las granjas evaluadas de acuerdo con las condiciones de la granja, la sensación térmica y las condiciones ambientales de la granja. Dim1=Componente principal 1: sensación térmica, Dim 2= Componente principal 2: ambiente de la granja.....177
Fig. 2.13. Ubicación de cada una de las capturas de acuerdo con las condiciones de ayuno, el tiempo de ayuno de agua en la granja y el tiempo de ayuno de alimento total.....178
Fig. 2.14. Ubicación de cada una de las capturas evaluadas de acuerdo con las condiciones de captura, las condiciones de la granja y las condiciones del personal.....179
Fig. 2.15. Ubicación de cada uno de los viajes evaluados de acuerdo con las condiciones de transporte, las condiciones del camino y las condiciones previas al sacrificio (ante-mortem).....180
Fig. 3.1. Promedio de lesiones por edad en semanas de acuerdo con el grado de severidad de las estrías blancas y pechuga de madera observadas (normal, leve, moderada y severa) en pollo de engorde, las barras de error muestran intervalo de 95% de confianza.....239
Fig. 3.2. Promedio de peso vivo y peso de pechuga de acuerdo con el grado de severidad de las lesiones observadas por pechuga de madera (normal, leve, moderada y severa) en pollo de engorde. Las barras de error muestran intervalos 95% de confianza.....240
Fig. 3.3. Promedio de la fuerza de corte (N) y la energía total de corte (N*mm) y de acuerdo con el grado de severidad de las estrías blancas observadas (normal, leve, moderada y severa) en pollo de engorde, las barras de error muestran intervalos de confianza 95%.....244
Fig. 3.4. Descripción del comportamiento de los pollos por observación continua.....249

Lista de abreviaturas

Ajust: ajustado
ALA: Asociación Latinomericana de Avicultura
ALT: alanina transferasa
AST: aspartato transaminasa
AWIN: Animal welfare indicators
ABMs: indicadores basados en el animal
C: tipo de captura
CC: Condición del camino
CEIEPAV: Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola
CINA: Centro de Investigación en Nutrición Animal
CIAB: Cámara de Industriales de Alimentos Balanceados
CIBCM: Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular
CL: Clima de la granja
CLC: Clima del camino
CORT: Corticosterona
CP: componente principal
CPL: Clima de la planta
CRP: proteína C reactiva
DE: desviación estándar
DOA: Animales muertos al arribo
EB: Estrías blancas
EDTA: Ácido etilendiaminotetraacético
EFSA: Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria
Etc: etcétera
FACTA: Animal Welfare Assurance, Certification, and Training
FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FAWC: Farm Animal Welfare Committee
Fig: figura
FMVZ: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
G: tipo de galera
HS: Hora de sacrificio
IMN: Instituto Meteorológico Nacional
INEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos
M: momento de la captura
NCC: Nacional Chicken Council
NOT: Prueba de objeto novedoso
OMSA: Organización Mundial de Sanidad Animal
PAACO: Professional Animal Auditor Certification Organization

PJ: Posición de la jaula
PM: Pechuga de madera
Ptos: Puntos
RSCPA: Royal Society for the Prevention of Cruelty to Animals
RSS: Síndrome de retraso en el crecimiento
SENASA: Servicio Nacional de Salud Animal
TEMP: Temperatura corporal
TGI: Animal needs index
TT: Prueba de contacto

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

SEP Sistema de Estudios de Posgrado

Autorización para digitalización y comunicación pública de Trabajos Finales de Graduación del Sistema de Estudios de Posgrado en el Repositorio Institucional de la Universidad de Costa Rica.

Yo, Rebeca Zamora Sanabria, con cédula de identidad 109300599, en mi condición de autor del TFG titulado Evaluación del bienestar de pollos de engorde en condiciones comerciales, en la granja, durante la captura, el transporte y la planta de cosecha mediante indicadores basados en los recursos disponibles y en el animal

Autorizo a la Universidad de Costa Rica para digitalizar y hacer divulgación pública de forma gratuita de dicho TFG a través del Repositorio Institucional u otro medio electrónico, para ser puesto a disposición del público según lo que establezca el Sistema de Estudios de Posgrado. **SI** [x] **NO** *[ ]

***En caso de la negativa favor indicar el tiempo de restricción: _____ año (s).**

Este Trabajo Final de Graduación será publicado en formato PDF, o en el formato que en el momento se establezca, de tal forma que el acceso al mismo sea libre, con el fin de permitir la consulta e impresión, pero no su modificación.

Manifiesto que mi Trabajo Final de Graduación fue debidamente subido al sistema digital Kerwá y su contenido corresponde al documento original que sirvió para la obtención de mi título, y que su información no infringe ni violenta ningún derecho a terceros. El TFG además cuenta con el visto bueno de mi Director (a) de Tesis o Tutor (a) y cumplió con lo establecido en la revisión del Formato por parte del Sistema de Estudios de Posgrado.

FIRMA ESTUDIANTE

Nota: El presente documento constituye una declaración jurada, cuyos alcances aseguran a la Universidad, que su contenido sea tomado como cierto. Su importancia radica en que permite abreviar procedimientos administrativos, y al mismo tiempo genera una responsabilidad legal para que quien declare contrario a la verdad de lo que manifiesta, puede como consecuencia, enfrentar un proceso penal por delito de perjurio, tipificado en el artículo 318 de nuestro Código Penal. Lo anterior implica que el estudiante se vea forzado a realizar su mayor esfuerzo para que no sólo incluya información veraz en la Licencia de Publicación, sino que también realice diligentemente la gestión de subir el documento correcto en la plataforma digital Kerwá.

Introducción general

El bienestar animal es un campo de estudio que ha cobrado mucha importancia en los últimos años debido al creciente interés de los consumidores de países desarrollados, por el sufrimiento y la forma en que son tratados los animales que producen alimentos. Actualmente existe una preocupación mundial por el bienestar de los animales de granja y un creciente interés en el ámbito científico, social y económico.

La avicultura ha sido una de las actividades pecuarias más analizada y criticada (Wegner 1990), debido a la manera en que los consumidores perciben las prácticas intensivas que utiliza la industria avícola moderna. Aspectos como la opinión pública y de los consumidores por el sufrimiento y el cuido de los animales, la elaboración de legislación sobre el tema y la inclusión del bienestar animal en los tratados comerciales e internacionales (Vanhonacker *et al.* 2010, Mota *et al.* 2016) han sido de gran preocupación para los productores avícolas, los gobiernos y para las organizaciones no gubernamentales.

Entidades como la Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA), la Organización para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas (FAO) y la Asociación Latinoamericana de Avicultura (ALA) han incluido desde hace tiempo el tema del bienestar animal dentro de sus prioridades y planes estratégicos (OMSA 2005, FAO 2008, ALA 2016).

El sistema productivo o alojamiento más adecuado para los animales ha sido tema de extensa discusión en avicultura, la forma en que los animales reaccionan y se adaptan a los diferentes sistemas de producción es una preocupación de la ciencia del bienestar animal.

Mota *et al.* (2016) mencionan que el animal, el ambiente y el hombre son tres factores que deben permanecer en equilibrio en los diferentes sistemas productivos y estos se encuentran altamente influenciados por el factor económico debido a que los animales se crían bajo criterios de rentabilidad y utilidad, especialmente en países en vías de desarrollo donde inclusive el bienestar humano es un campo sin resolver.

Independientemente del sistema productivo o tipo de alojamiento en el que se encuentren las aves, si las buenas prácticas pecuarias y sanitarias no son aplicadas adecuadamente o los criterios de utilidad y rentabilidad son aplicados en su máxima expresión, es posible que los animales sufran desajustes fisiológicos y de comportamiento afectando su equilibrio o bienestar (Mota *et al.* 2016).

La mayoría de los pollos de engorde en Latinoamérica se mantienen en sistemas de producción intensivos en piso y en instalaciones o alojamientos con ventilación natural o en instalaciones con ventilación controlada o automatizada.

Zhao *et al.* (2014) sugieren que las aves que se mantienen en sistemas de alojamiento extensivos con acceso al exterior manifiestan mejores respuestas para algunos indicadores de bienestar que los que se mantienen en sistemas intensivos, pero manifiestan respuestas negativas para otros indicadores como tasa de mortalidad y presencia de enfermedades. La alta densidad de pollos de engorde en sistemas intensivos con alojamientos de ventilación controlada se menciona como un factor que afecta negativamente los indicadores de bienestar (Estévez 2007, Buijs *et al.* 2009).

El bienestar de los pollos de engorde y de las gallinas ponedoras en condiciones como las de la producción avícola latinoamericana ha sido poco descrito. Hasta el año 2006 solo países latinoamericanos como Chile, Brasil y México realizaban investigación en temas de bienestar animal y en menor cantidad en el área de avicultura (Mota *et al.* 2016). Más recientemente Uruguay, Argentina y Colombia realizan esfuerzos de investigación especialmente en el área de animales rumiantes (Ungerfeld 2020).

Otra preocupación en el tema del bienestar animal es la manera de evaluarlo de forma objetiva (Mason y Mendl 1993). A pesar del trabajo de investigación que se ha realizado en el tema, las herramientas para la evaluación científica del bienestar animal y su medición es todavía un área que requiere trabajo y un abordaje integral. Existe una serie de indicadores que han sido utilizados para la medición del bienestar; sin embargo, los indicadores varían en precisión, en

relevancia y en la forma relativa en que contribuyen a la evaluación del bienestar animal (Rushen 1991, Botreau *et al.* 2007).

El conocimiento sobre los mejores indicadores para describir el bienestar de los pollos de engorde bajo condiciones comerciales, en diferentes tipos de alojamiento, edades o épocas del año, aún requiere investigación.

Justificación

La medición objetiva del bienestar de las aves y específicamente de los pollos de engorde aún requiere investigación. Organizaciones como la FAO (2008) y la OMSA (2008) recomiendan que la evaluación científica del bienestar animal sea un elemento fundamental en las iniciativas de aplicación de las buenas prácticas en la producción pecuaria. EFSA (2015) recomienda realizar más investigación en el uso de los indicadores basados en el animal, en diferentes tipos de aves (pollos, gallinas, pavos, patos) y en diferentes escenarios.

La necesidad de contar con una evaluación adecuada cobra cada vez más importancia debido a que los consumidores, exigen conocer el origen del proceso productivo y tener normas más estrictas de certificación sobre el bienestar animal (Tuyttens *et al.* 2010, Vanhonacker *et al.* 2010).

La amplia variedad de normas existentes con abordajes y enfoques diferentes puede llegar a confundir a los productores, a los consumidores y puede afectar el

comercio de los productos avícolas. Actualmente no existe una obligación reconocida a nivel internacional sobre el bienestar animal en el marco del comercio internacional (OMSA 2008), por lo que es indispensable fomentar normas de bienestar animal armonizadas internacionalmente mediante un sistema basado en indicadores objetivos, precisos y cuantitativos, para que el bienestar no se convierta en una barrera comercial, sino que se enfoque en las necesidades de los animales.

La evaluación del bienestar de las aves requiere un abordaje sistemático, que combine diferentes enfoques y tipos de indicadores (Mason y Mendl 1993, Fraser 1995, Dawkins 2004, EFSA 2012) y que permita la identificación rápida y sencilla de los problemas que afectan el bienestar. Pocos protocolos propuestos hasta el momento son prácticos, de fácil aplicación a nivel comercial y permiten un abordaje completo de los factores que afectan el bienestar de los pollos de engorde.

El enfoque de evaluación basado en el concepto de las “5 libertades” fue descrito hace más de 30 años y requiere actualización. Este pensamiento ha influenciado profundamente la idea de que los animales deben ser libres de experiencias negativas; sin embargo, existe evidencia que algunas experiencias como el dolor, la sed o el hambre no deben ser evitadas pues tienen importancia en la motivación de ciertas conductas que ayudan directamente en la seguridad y supervivencia de los animales (Mellor 2016).

Algunos protocolos presentan dificultades para estandarizar los criterios de evaluación entre los observadores (Botreau *et al.* 2007, Asher *et al.* 2009, Rushen y Passillé 2009). Otras evaluaciones requieren de mucho tiempo y manipulación de las aves, lo que provoca estrés y puede afectar el resultado de algunos indicadores fisiológicos (Rushen 1991, Jones 1992). Otros métodos interrumpen las actividades de los granjeros y el comportamiento normal de los animales (Marchewka *et al.* 2013).

Existen protocolos basados en evaluaciones individuales diseñadas para mamíferos que no aplican para animales que se manejan en grandes poblaciones como los pollos de engorde y las gallinas ponedoras (Estévez 2007). Algunas propuestas tampoco logran evaluar adecuadamente el bienestar a diferentes edades o en diferentes épocas del año.

Los protocolos de evaluación deben ser repetibles y cercanos a los procedimientos rutinarios que realizan los encargados de las granjas, los supervisores y los veterinarios (Marchewka *et al.* 2013). Además, deben evaluar todos los factores de la cadena productiva (EFSA 2015), incluyendo la granja, el transporte y el sacrificio bajo un enfoque de la granja a la mesa.

Todos los indicadores presentan ventajas y desventajas. Los protocolos que utilizan solamente indicadores basados en recursos pueden ser más fáciles de aplicar que los indicadores basados en el animal, pero fallan en la evaluación

directa del ave y su estado (Mason y Mendl 1993, Nicol *et al.* 2009, Rushen y Passillé 2009, Manteca 2016).

La EFSA (2015) reconoce que existe poca penetración del concepto de indicadores basados en el animal (ABMs), lo cual es ilustrado con la baja representación en publicaciones científicas y en normativas. Existe una brecha entre este tipo de indicadores y su uso práctico, y poca uniformidad en el uso en la terminología y en la categorización de estos indicadores.

Algunas propuestas muy conocidas como la del Welfare Quality® (Welfare Quality Project 2009) proponen un abordaje más amplio y completo tomando en cuenta indicadores basados en recursos y en el animal; sin embargo, su aplicación requiere de un trabajo intensivo, de mucho tiempo (De Jong et al. 2016) y algunos indicadores pueden ser subjetivos o difíciles de aplicar (Tuyttens *et al*. 2015).

La industria avícola requiere aún evaluaciones que lleven a medidas sencillas, que contribuyan a priorizar los problemas y a la toma de decisiones que se traduzcan en soluciones rápidas, aplicables a nivel de campo.

Objetivo general y objetivos específicos

Objetivo General

Evaluar el bienestar animal en pollos de engorde en condiciones comerciales, en la granja, durante la captura, el transporte y en la planta de cosecha utilizando un protocolo desarrollado con indicadores basados en recursos y en el animal.

Objetivos Específicos:

1. Identificar indicadores productivos, ambientales, de alojamiento, salud y comportamiento para conocer su asociación con el bienestar de pollos de engorde en granjas comerciales.

2. Evaluar la captura y el transporte de pollos de engorde en condiciones comerciales para identificar indicadores de bienestar basados en recursos y en el animal.

3. Identificar indicadores previos y posteriores al sacrificio de las aves y su efecto en el bienestar de los pollos de engorde.

Revisión de literatura

Concepto de bienestar animal

El bienestar animal surgió del conocimiento de que los animales experimentan dolor y otras formas de sufrimiento o estrés y de la convicción de que causar sufrimiento a un animal no es moralmente aceptable. Consta de profundas raíces éticas y se basa en diferentes puntos de vista o consideraciones morales (Garner 2013). Los tres componentes básicos del bienestar animal son: la ética, la ciencia y la ley (List 2015).

La ética es una rama de la filosofía que se fundamenta en preferencias y valores, su objetivo es analizar desde diferentes perspectivas, los deberes y obligaciones de los seres humanos con y hacia su entorno y las consecuencias de estos (Mota *et al.* 2016). La ética del bienestar animal se interesa por las acciones humanas y comprende la manera en que se trata a los animales y cómo se deberían tratar (Fraser 1999, Broom y Fraser 2015, List 2015).

La legislación se interesa por las reglas de la sociedad acerca del uso y tratamiento de los animales (OMSA 2008) y la ciencia del bienestar animal intenta cuantificar el efecto de todos los factores que afectan el animal en términos de mediciones fisiológicas, de comportamiento y de salud. Broom (1988) y List (2015) sugieren que la legislación sobre bienestar animal debe ser reflejo de la ciencia del bienestar animal y de la ética.

El bienestar animal como ciencia empieza a desarrollarse a mediados de los años 60 (Broom 2011) y surgió como un campo interdisciplinario de investigación en los años 70 (Fraser 1999). Se originó en un interés público en el bienestar de los animales mantenidos en sistemas de producción intensiva. Con anterioridad a esto se conocía poco acerca de las funciones biológicas de los animales y se establecieron paralelismos empíricos entre humanos y los animales.

Aunque autores como Bentham (1789 citado por Broom 2011) mencionan la posibilidad de que los animales sientan y durante mucho tiempo en la historia humana se siguió la visión de Descartes (Broom 2011) sobre las pocas o ninguna similitud entre humanos y animales, utilizándose como una forma de justificar su explotación.

Autores como Mota *et al.*, (2016) coinciden que fue en 1964 cuando el tema comienza a tomar relevancia y se empieza a cuestionar el bienestar de los animales. Es entonces cuando el Gobierno Británico conforma el denominado Comité Brambell, a cargo del profesor F. Rogers Brambell. Este comité surgió como consecuencia de la publicación del libro “Máquinas animales” donde su autor Ruth Harrison afirma que los animales involucrados en la producción industrial son tratados como máquinas y no como individuos (Mench 2018).

El comité Brambell dio origen en 1967 a la Comisión Británica de Bienestar de Animales de Granja, a esta comisión y a los aportes del profesor W.H Thorpe miembro del Comité Brambell se les atribuye la autoría de las denominadas “5

libertades de los animales". El comité Brambell no define el concepto de bienestar animal; sin embargo, realiza aportes importantes al concepto de que los animales tienen necesidades y que requieren vivir en armonía con la naturaleza y con el medio ambiente (Mota *et al.* 2016).

A finales de los años 60, disciplinas como la etología y las neurociencias fueron aceptadas por la comunidad científica aumentando el conocimiento sobre funcionalidad biológica de los animales (Fraser 1995). A partir de ahí iniciaron investigaciones que se enfocaron en temas de estrés fisiológico y de comportamiento y se consideró la importancia de incluir otras áreas de conocimiento como la epidemiología veterinaria, la fisiología ambiental, el diseño ambiental, la psicología comparada, el comportamiento, la microbiología y la nutrición animal dentro de la ciencia del bienestar animal.

Definición de bienestar animal

Debido a que el bienestar animal tiene consideraciones científicas, éticas y legales, una definición única es difícil de establecer. Es un tema amplio y complejo que muestra varios enfoques y definiciones. Broom (2011) menciona que la definición de bienestar animal depende de quienes lo están definiendo. Por ejemplo, los encargados de realizar la legislación requieren una definición precisa, el público en general requiere una definición fácil de entender, los científicos

requieren una definición que pueda ser medida y los productores requieren una definición práctica que pueda ser fácilmente aplicada a los animales.

La OMSA es la organización de referencia a nivel mundial en temas de salud y bienestar de los animales e identificó el bienestar animal como una de las prioridades de su Plan Estratégico para el periodo 2001-2005. La OMSA define el bienestar animal como el estado de adaptación de un animal a su ambiente (OMSA 2004).

Según la OMSA (2004), un animal se considera en “buen estado de bienestar” cuando, según evidencia científica, se encuentra saludable, bien alimentado, confortable, capaz de expresar comportamiento innato, y libre de estados no placenteros como dolor, miedo y angustia. El bienestar animal requiere de la adecuada prevención de enfermedades, tratamiento veterinario, refugio, nutrición y manejo apropiado, así como un sacrificio humanitario.

Una de las definiciones más utilizadas de bienestar animal es la propuesta por Broom (1986) quien define el bienestar como el estado de adaptación física y mental de un animal individual en un momento determinado.

Phillips (2009) también considera que la definición de bienestar animal debe responder a la pregunta ¿Qué tan bueno es el estado de este animal en este ambiente? Esta pregunta comprende varios componentes, el ambiente del animal, el conocimiento y adaptación del animal de su medio ambiente, el estado interno

del animal basado en su genética, en experiencias pasadas y presentes y en el equilibrio con su estado interno.

Las cinco libertades de los animales propuestas por el Comité Brambell en 1965 son actualmente también la base para muchas de las definiciones de bienestar animal (Mota *et al.* 2016).

1. La libertad de vivir libre de hambre, de sed y de desnutrición
2. La libertad de vivir libre de temor y de angustia.
3. Libre de molestias físicas y térmicas.
4. Libre de dolor, lesión y enfermedad.
5. Libre de manifestar el comportamiento natural.

Mason y Mendi (1993) consideran que muchas definiciones o puntos de vista de investigadores se enfocan o reducen la habilidad de los animales para sobrevivir, reproducirse y la ausencia de lesiones físicos; sin embargo, no consideran factores como el miedo, la ansiedad, la frustración o el aburrimiento.

Otros investigadores han tomado posiciones contrarias y consideran que el bienestar animal tiene que ver solamente con un estado mental no placentero.
Autores como Dawkins (2006) consideran que el bienestar animal comienza con la salud física e implica emociones positivas ausencia de miedo y frustración.

Existen muchas definiciones diferentes de bienestar animal; sin embargo, varios autores coinciden en que el bienestar animal debe incluir aspectos biológicos y

fisiológicos, de comportamiento y de medio ambiente (Phillips 2009, Tuyttens *et al.* 2010, Garner 2013, Broom y Fraser 2015).

Enfoques

Es posible diferenciar tres enfoques principales sobre el tema del bienestar animal (OI2004, Tuyttens *et al.* 2010, Hemsworth *et al*. 2015). Un enfoque se basa en los "estados afectivos" de los animales y hace énfasis en conceptos como comportamiento animal y bienestar psicológico de los animales. Este punto de vista recomienda evitar a toda costa el sufrimiento, el dolor y propone proporcionar a las aves condiciones de comodidad y de satisfacción.

La mayoría de los productores avícolas de sistemas intensivos siguen el "enfoque de funcionamiento biológico" (Broom y Fraser 2015). Desde este punto de vista, el bienestar animal depende de un alto nivel de salud, de crecimiento, de eficiencia de producción y propone que la expresión más objetiva de los ajustes homeostáticos son los parámetros zootécnicos expresados como índices de productividad y todo lo relacionado con la salud, integridad e inmunocompetencia.

Bajo este enfoque un animal que exprese su capacidad genética, se mantenga sano y cumpla con los requisitos productivos esperados se encuentra en equilibrio, lo cual se considera una expresión de bienestar animal.

Un tercer enfoque es el de la “vida natural” (Fraser 1999, Hemsworth *et al.* 2015) según el cual los animales deben ser libres para vivir una vida natural y utilizar las adaptaciones propias de su especie en un medio natural. Hace énfasis en características como los baños de arena, la costumbre de perchar y la cloequez, entre otras características en el caso de las aves. Este es el punto de vista más común entre los consumidores y críticos que se oponen a los sistemas intensivos y a los avances tecnológicos en la producción pecuaria.

También existen otras tendencias que mezclan o combinan conceptos de estos tres enfoques principales como las planteadas por Mason y Mendl (1993) y Dawkins (2006).

Principales factores que afectan el bienestar de los pollos de engorde

La industria avícola ha sido fuertemente criticada por grupos de consumidores y defensores de los animales debido a la utilización sistemas intensivos de producción donde se mantiene gran cantidad de animales en espacios reducidos (Wegner 1990).

El uso de jaulas convencionales para albergar gallinas ponedoras y pollos de engorde durante toda su vida productiva sin acceso al exterior es de las principales críticas que se realiza a los sistemas productivos de la avicultura industrial. El acceso al exterior y el mantenimiento de las aves sobre el piso han sido las principales motivaciones para la promoción de los sistemas alternativos de

producción avícola principalmente en países de la Unión Europea (Wegner 2019, Turner *et al.* 2005).

Los principales problemas de bienestar en los pollos son causados por factores genéticos, ambientales, de manejo y las interacciones entre ellos. Los pollos de engorde se encuentran entre las especies pecuarias de mayor crecimiento debido a la intensiva selección genética (Dawkins 2004). La edad de sacrificio ha ido disminuyendo un día por año y existen líneas genéticas con ganancias diarias de más de 90 g por día (Cobb Vantress 2021). El crecimiento acelerado aumenta el riesgo de cojeras, problemas esqueléticos y ha aumentado la tasa de mortalidad general (Estévez 2007).

Uno los mayores problemas de bienestar es la alta densidad y la restricción de movimiento (Buijs *et al*. 2009, Abudabos *et al.* 2013), las cuales tienen consecuencias económicas significativas para la industria, pues se espera obtener más kilos de carne en un espacio menor, para optimizar el uso de las instalaciones.

Altas densidades causan un incremento en la presentación de cojeras, pues aumenta la incidencia de discondroplasia tibial y de pododermatitis (Estévez 2007). También es posible observar daños en la canal en forma de moretones y rasguños debido a empujones y a que disminuye la calidad de las plumas por una disminución en el comportamiento de acicalarse (Feddes *et al.* 2002).

Pollos expuestos a altas densidades experimentan disminución en el peso final y en la uniformidad del grupo, así como mortalidad debida a estrés por calor, inmunodepresión y aumento de la inmovilidad tónica (Dozier *et al*. 2006). El tiempo que los pollos dedican a caminar y las distancias que recorren también se ven afectadas negativamente por la alta densidad (Estévez 2007).

Los factores ambientales como la calidad del aire, la temperatura y humedad, la ventilación, la calidad de la cama y otros factores de manejo como el raleo o despoblación (Dawkins 2004) son considerados factores que afectan negativamente el bienestar de los pollos (Jones *et al.* 2005). La calidad del aire se ve afectada por la temperatura ambiental, la humedad relativa, el polvo y el nivel de amoníaco, monóxido y dióxido de carbono (Dawkins 2004). Estos factores afectan la integridad de sistema respiratorio y predisponen a la entrada de patógenos causantes de enfermedades respiratorias.

La presencia de amoníaco es consecuencia de las camas húmedas. El amoníaco se genera por la acción microbiana sobre el ácido úrico de las excretas, este proceso que se ve favorecido por la humedad. Concentraciones superiores a 25 ppm de amoníaco causan reducción del crecimiento, disminución de los índices de conversión alimenticia, incremento de querato-conjuntivitis, pododermatitis y aumento en la mortalidad (Kristensen y Wathes 2000). Descripción del comportamiento de los pollos por observación continua

El estrés por calor afecta de manera muy negativa el bienestar de las aves (Lara y Rostagno 2013, Rath *et al.* 2015). Debido a que los pollos de engorde tienen problemas para disipar el calor, se requieren sistemas de ventilación muy eficientes para el intercambio de gases, el mantenimiento de la temperatura y la humedad ambiental. Programas intensivos de iluminación, con pocas horas de oscuridad, pueden alterar el ciclo del sueño y el descanso normal de las aves (Malleau *et al.* 2007).

Otros factores que afectan en forma importante el bienestar de los pollos son el proceso de ayuno, la forma de captura (Castañeda Serrano 2017), el espacio y las condiciones ambientales durante transporte (Watts *et al.* 2011), el tiempo de espera en la planta de proceso, la descarga, el colgado, la insensibilización y el sacrificio (Dawkins 2004). Todos han sido temas muy estudiados y con gran peso en el bienestar de los pollos. Los métodos de captura y sacrificio también se encuentran muy relacionados con el bienestar de los trabajadores que realizan estas tareas y requieren de incentivos, buenas condiciones laborales y capacitación continua.

Las enfermedades metabólicas, como el síndrome ascítico, el síndrome de muerte súbita y el síndrome de hígado graso (Weeks y Butterworth 2004) también se encuentran relacionadas con el crecimiento acelerado y se consideran factores que afectan negativamente el bienestar de las aves.

Evaluación del bienestar animal

Medir el bienestar animal es de los aspectos más complejos dentro de esta disciplina. Nicol *et al.* (2009) mencionan que la forma más común de medir el bienestar animal tiene que ver con la forma en que el animal responde y enfrenta su medio ambiente. Frecuentemente se examina la manera en que los animales toman decisiones e integran y seleccionan los diferentes factores en sus sistemas de acuerdo con sus preferencias.

Los criterios para evaluar el bienestar animal se han dividido en dos tipos de indicadores, los basados en el animal o en resultados y los basados en criterios de diseño o en recursos (Rushen y Pasillé 2009, OMSA 2016).

Los indicadores basados en el animal se colectan directa o indirectamente del animal y son resultado de la respuesta de éste al ambiente. Son reflejo del estado del animal al momento de la observación. Los indicadores basados en el animal se pueden dividir en indicadores de comportamiento, productivos, patológicos o de enfermedad y fisiológicos (Manteca 2016).

Algunos indicadores basados en el animal recomendados por la OMSA (2016), en el capítulo 7.10 del código sanitario de los animales terrestres, son los rendimientos productivos, peso corporal, ganancia de peso, conversión alimenticia, consumo de alimento, porcentaje de mortalidad natural, mortalidad por

selección de animales con malformaciones, incidencia de enfermedades, problemas de comportamiento, etc.

Los criterios basados en el diseño o en recursos se basan en los requerimientos ambientales físicos y sociales, en estándares de manejo producto de la experiencia y del conocimiento científico de la especie y de la experiencia práctica (Webster 2009).

Los indicadores basados en recursos reflejan la compleja interacción existente entre diferentes variables, por ejemplo, la experiencia, la actitud de los operarios cuidadores y la situación sanitaria (OMSA 2016). Ejemplos de estos indicadores son la temperatura ambiental, condiciones de las instalaciones y algunas prácticas de manejo.

Existen protocolos de evaluación basados en un solo tipo de indicador, los más comunes están basados en el animal (Whay *et al.* 2003, EFSA 2015); sin embargo, también es posible encontrar guías de evaluación que combinan indicadores y abordajes, principalmente basados en el enfoque de las “5 libertades”, como los propuestos por el FAWC (1993).

Según Marchewka *et al.* (2013), los pioneros en realizar protocolos con indicadores basados en el animal fueron la Universidad de Bristol en Inglaterra y la RSCPA (Sociedad Real para la Protección de la Crueldad de los Animales). Otros

autores en Alemania y Austria propusieron desde 1984, el Animal Needs Index (TGI) como protocolo de evaluación que incluye 5 condiciones de evaluación: posibilidad de movimiento, contacto social, condiciones del piso, clima estable, incluyendo luz y ruido y cuidado por parte del personal (Basussek 1999).

En el año 2009 fue presentado el denominado Welfare Quality® Project (Welfare Quality Project 2009) el cual se presenta como una definición operativa de bienestar animal y propone una metodología para su evaluación, fundamentada en indicadores basados en recursos y en el animal; divididos en cuatro principios fundamentales y en doce criterios (Blokhuis *et al.* 2010). Los cuatro principios son buena alimentación, buenas instalaciones y protección, buena salud y un apropiado comportamiento. Los doce criterios que componen esta propuesta son ausencia de hambre prolongada, ausencia de sed prolongada, comodidad térmica, protección ambiental, comodidad para el descanso, facilidad de movimiento, buena salud, ausencia de lesiones, ausencia de enfermedad, ausencia de dolor, ausencia de miedo, apropiado comportamiento y buena relación humano-animal (Tuyttens *et al.* 2010).

Otra propuesta planteada por un grupo interdisciplinario de la Unión Europea, con un abordaje de medición con indicadores basados en el animal, es la de AWIN (2010). Este grupo tiene como objetivo mejorar el bienestar de los animales de granja mediante el desarrollo de indicadores para ovejas, cabras, caballos, burros y pavos.

La mayoría de los protocolos de evaluación del bienestar de los pollos y las gallinas ponedoras se basan en estándares de manejo para los que aplica una calificación. En esta categoría se incluyen protocolos como los del US National Chicken Council, EFSA, Global GAP, Red Tractor Assurance, National Dairy Farm Program, Unión Brasileña de Avicultura, United Egg Producers.

También existen sistemas de certificación privados con auditorías que combinan diferentes criterios y que son realizados por organizaciones no gubernamentales como la American Humane, Global Animal Partnership, Food Alliance Human Farm Animal Care, Animal Welfare Institute, Animal Welfare Assurance, Certification and Training (FACTA) o Professional Animal Auditor Certification Organization (PAACO).

Las mediciones usadas para evaluar el bienestar varían ampliamente en precisión y en rango. Pueden variar entre observadores y entre días de observación. Un mismo observador puede realizar evaluaciones en diferente grado para una misma observación en días diferentes por lo que es indispensable realizar evaluaciones de confiabilidad para cada indicador (Botreau *et al.* 2007).

Autores como Mason y Mendl (1993) proponen que un buen indicador de bienestar animal debe estar basado en conocimiento científico, debe ser fiable, con escaso margen de error, debe tener repetitividad y ser capaz de detectar cambios a través del tiempo.

Medir el bienestar no es simple, algunos de los factores que complican las mediciones están relacionados con el tipo de estímulo y la respuesta del animal (Barnett y Hemsworth 1990), a variaciones individuales, el tiempo de exposición al estímulo, el momento en que se realiza la medición (Fraser 1995, Asher *et al*. 2009), la falta de especificidad de algunas respuestas (Mason y Mendl 1993), la preferencia o aversión del animal por un determinado ambiente debida a experiencias pasadas (Nicol *et al.* 2009) y a la interpretación (Botreau *et al.* 2007) y a los juicios éticos, morales y religiosos de los evaluadores (Dawkins 2004), entre otros factores.

Sistemas de alojamiento

Cerca del 70% de los pollos de engorde del mundo se crían en granjas intensivas industriales en diferentes tipos de alojamiento (Dawkins 2004). En muchos países de Latinoamérica, Asia y África, los pollos de engorde se alojan en dos tipos de instalaciones, galeras o galpones con ventilación natural o galeras con ventilación controlada o automática. Las instalaciones con ventilación natural son frecuentemente utilizadas en climas con temperaturas no muy altas y una humedad relativa moderada.

En las instalaciones con ventilación natural, el ambiente interno depende en gran medida de las condiciones climáticas externas. La temperatura ambiental, la humedad relativa y la ventilación (entrada y salida de aire) se controlan por medio de cortinas externas de las galeras en forma manual (Aviagen 2017). Esto hace

que el control sea muy variable y que dependa de la apreciación de los operarios, del clima, del momento del día, de la edad de las aves y de la presencia o no de instrumentos de medición de las condiciones ambientales que posea la granja.

La ventilación a través del manejo de las cortinas laterales de las instalaciones es compleja. Abrir las cortinas puede provocar que una gran cantidad de aire ingrese al edificio, logrando que las condiciones ambientales externas e internas se igualen (Cobb Vantress 2021). Cuando el aire frío ingresa a una galera a baja velocidad se dirige inmediatamente hacia el suelo, enfría las aves, causando condensación y mojando la cama, mientras que el aire caliente sube y sale de las instalaciones (Aviagen 2017).

La principal ventaja de estos sistemas es el costo de inversión, el cual es menor si se compara con instalaciones de control automático del ambiente, pero la desventaja es el control ambiental de las galeras. A menudo se compromete la temperatura y la calidad del aire, debido a las condiciones ambientales extremas (Gates *et al.* 1996).

En climas muy calientes es necesario mover el aire caliente dentro de la galera abierta a través de ventiladores de volumen fijo, que se ubican a lo largo de las instalaciones de acuerdo con las dimensiones de la galera (Cobb Vantress 2021).

En las instalaciones con ambiente controlado, las galeras o edificios se mantienen cerrados, ya sea a través de cortinas o a través de paredes fijas. El aislamiento

térmico del techo es un requisito para que este tipo de sistemas funcione eficientemente. Para mantener una adecuada ventilación dentro de las instalaciones, existen diversos sistemas que permiten un intercambio adecuado de gases dentro y fuera de la galera, el mantenimiento de la temperatura y la humedad ambiental de acuerdo con la edad y peso de las aves (Gates *et al.* 1996).

Estos sistemas de ventilación operan moviendo el aire fuera de la galera a través de ventiladores y extractores, permitiendo la entrada del aire por medio de entradas frontales o laterales de diferentes tamaños.

Referencias

Abudabos, AM; Samara, EM; Hussein, EOS; Al-Ghadi, MQ; Al-Atiyat, RM. 2016. Impacts of stocking density on the performance and welfare of broiler chickens (en línea). Italian Journal of Animal Science 12(1):66–71. DOI: https://doi.org/10.4081/IJAS.2013.E11.

Asher, L; Collins, LM; Ortiz-Pelaez, A; Drewe, JA; Nicol, CJ; Pfeiffer, DU. 2009. Recent advances in the analysis of behavioural organization and interpretation as indicators of animal welfare (en línea). Journal of The Royal Society Interface 6(41):1103–1119. DOI: https://doi.org/10.1098/RSIF.2009.0221.

Aviagen. 2017. Environmental management in the broiler house (en línea). Consultado 14 Ago. 2021. Disponible en: https://eu.aviagen.com/assets/Uploads/Environmental-Management-Broiler.pdf.

ALA (Asociación Latinomericana de Avicultura). Acuerdos de la reunión del Comité Técnico Científico. Antigua, Guatemala. Guatemala, 7 de noviembre del 2016, Repositorio, Memoria USB.

AWIN (Indicadores de Bienestar Animal). 2016. Welfare assessment on farm. Consultado 10 Set. 2020. Disponible en http://www.animal-welfare-indicators.net/site/

Barnett, JL; Hemsworth, PH. 1990. The validity of physiological and behavioural measures of animal welfare (en línea). Applied Animal Behaviour Science 25(1–2):177–187. DOI: https://doi.org/10.1016/0168-1591(90)90079-S.

Bartussek, H. 1999. A review of the animal needs index (ANI) for the assessment of animals' well-being in the housing systems for Austrian proprietary products and legislation (en línea). Livestock Production Science 2–3(61):179–192. DOI: https://doi.org/10.1016/S0301-6226(99)00067-6.

Blokhuis, HJ; Veissier, I; Miele, M; Jones, B. 2010. The Welfare Quality® project and beyond: safeguarding farm animal well-being (en línea). Acta Agriculturae Scandinavica, Section A, Animal Science. 60(3):129–140. DOI: https://doi.org/10.1080/09064702.2010.523480.

Broom, DM. 1986. Indicators of poor welfare (en línea). British Veterinary Journal 142(6):524–526. DOI: https://doi.org/10.1016/0007-1935(86)90109-0.

Broom, DM. 2011. A history of animal welfare science (en línea). Acta Biotheoretica 59(2):121–137. DOI: https://doi.org/10.1007/S10441-011-9123-3.

Broom, DM; Fraser, AF. 2015. Domestic animal behaviour and welfare. 5 ed, Cambridge. Reino Unido. CABI Publishing. 452 p.

Botreau, R; Bracke, MBM; Perny, P; Butterworth, A; Capdeville, J; van Reenen, CG; Veissier, I. 2007. Aggregation of measures to produce an overall assessment of animal welfare. Part 2: analysis of constraints (en línea). Animal 1(8):1188–1197. DOI: https://doi.org/10.1017/S1751731107000547.

Buijs, S; Keeling, L; Rettenbacher, S; van Poucke, E; Tuyttens, FAM. 2009. Stocking density effects on broiler welfare: Identifying sensitive ranges for different indicators (en línea). Poultry Science 88(8):1536–1543. DOI: https://doi.org/10.3382/PS.2009-00007.

Castañeda Serrano, MP; 2017. Matanza en Pollo de Engorda. Módulo 3. Bienestar de las aves. Diplomado en línea en bienestar animal. Universidad Nacional Autónoma de México. México DF, México. Consultado 12 May. 2019. Disponible en http://educacioncontinua.fmvz.unam.mx.

Cobb Vantress. 2021. Cobb broiler management guide (en línea). Consultado 7 Ene. 2022. Disponible en: https://www.cobb-vantress.com/resource/management-guides.

Dawkins, MS. 2006. A user's guide to animal welfare science (en línea). Trends in Ecology & Evolution 21(2):77–82. DOI: https://doi.org/10.1016/J.TREE.2005.10.017.

Dawkins, M. 2004. Welfare sheet: broiler chickens. Compassion in world farming. Farm Animal Welfare Compendium (en línea). Consultado 20 Mar. 2017. Disponible en https://www.compassioninfoodbusiness.com.

De Jong, IC; Hindle, VA; Butterworth, A; Engel, B; Ferrari, P; Gunnink, H; Perez Moya, T; Tuyttens, FAM; van Reenen, CG. 2016. Simplifying the Welfare Quality® assessment protocol for broiler chicken welfare (en línea). Animal 10(1):117–127. DOI: https://doi.org/10.1017/S1751731115001706.

Dozier, WA; Thaxton, JP; Purswell, JL; Olanrewaju, HA; Branton, SL; Roush, WB. 2006. Stocking density effects on male broilers grown to 1.8 kilograms of body weight (en línea). Poultry Science 85(2):344–351. DOI: https://doi.org/10.1093/PS/85.2.344.

EFSA (Autoridad Europea de Inocuidad de Alimentos). 2012. Scientific opinion on the use of animal-based measures to assess welfare of broilers. EFSA Panel on animal health and welfare (en línea). EFSA Journal 10 (7) 2774. DOI: https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/2774

EFSA (Autoridad Europea de Inocuidad de Alimentos). 2015. EFSA's internal project on the use of animal-based measures to assess animal welfare in EU - state of art of the 10 years of activities and analysis of the gaps (en línea). EFSA supporting publication 2015: EN-884. 21 pp. DOI: https://www.efsa.europa.eu/en/supporting/pub/en-884

Estevez, I. 2007. Density allowances for broilers: Where to set the limits? (en línea) Poultry Science 86(6):1265–1272. DOI: https://doi.org/10.1093/PS/86.6.1265.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2008. Creación de capacidad para la implementación de buenas prácticas de bienestar animal. Reunión de expertos de la FAO Sede de la FAO en Roma, Italia. 30 de septiembre - 3 de octubre de 2008. Consultado 8 Set. 2016. Disponible en http://www.fao.org.

FAWC (Comité para el Bienestar de los Animales de Granja). 1993. Report on priorities for animal welfare, research and development. Farm Animal Welfare Council. London, England. Consultado 12 Dic. 2016. Disponible en https://www.gov.uk/government/groups/farm-animal-welfare-committee-

Feddes, JJR; Emmanuel, EJ; Zuidhof, MJ. 2002. Broiler performance, body weight variance, feed and water intake, and carcass quality at different stocking densities (en línea). Poultry Science 81(6):774–779. DOI: https://doi.org/10.1093/PS/81.6.774.

Fraser, D. 1995. Science, values and animal welfare: Exploring the 'inextricable connection' (en línea). Animal Welfare Collection. Consultado 14 Ago. 2021. Disponible en: https://www.wellbeingintlstudiesrepository.org/acwp_awap/39.

Fraser, D. 1999. Animal ethics and animal welfare science: bridging the two cultures (en línea). Applied Animal Behaviour Science 65(3):171–189. DOI: https://doi.org/10.1016/S0168-1591(99)00090-8.

Garner, R. 2013. Animal rights as ideal and nonideal theory. A theory of justice for animals (en línea). Consultado 18 Jul. 2020. Disponible en: https://doi.org/10.1093/ACPROF:OSO/9780199936311.003.0008.

Gates, RS; Overhults, DG; Zhang, SH. 1996. Minimum ventilation for modern broiler facilities (en línea). Transactions of the ASAE 39(3):1135–1144. DOI: https://doi.org/10.13031/2013.27605.

Hemsworth, PH; Mellor, DJ; Cronin, GM; Tilbrook, AJ. 2015. Scientific assessment of animal welfare (en línea) Londres. Reino Unido. Taylor and Francis Ltd., vol.63. p. 24–30 DOI: https://doi.org/10.1080/00480169.2014.966167.

IICA-CATIE. Redacción de referencias bibliográficas: Normas técnicas para ciencias agroalimentarias / IICA, CATIE -- 5a ed. -- San José, C.R.: IICA, 2018. 79 p.

Jones, RB. 1992. The nature of handling immediately prior to test affects tonic immobility fear reactions in laying hens and broilers (en línea). Applied Animal Behaviour Science 34(3):247–254. DOI: https://doi.org/10.1016/S0168-1591(05)80119-4.

Jones, TA; Donnelly, CA; Dawkins, MS. 2005. Environmental and management factors affecting the welfare of chickens on commercial farms in the United Kingdom and Denmark stocked at five densities (en línea). Poultry Science 84(8):1155–1165. DOI: https://doi.org/10.1093/PS/84.8.1155.

Kristensen, HH; Wathes, CM. 2019. Ammonia and poultry welfare: a review (en línea). World's Poultry Science Journal 56(3):241–245. DOI: https://doi.org/10.1079/WPS20000018.

Lara, LJ; Rostagno, MH. 2013. Impact of heat stress on poultry production (en línea). Animals 2013, Vol. 3, Pages 356-369 3(2):356–369. DOI: https://doi.org/10.3390/ANI3020356.

List, M. 2015. Introducción al bienestar animal: ciencia, ética y ley (en línea, curso) Curso de bienestar animal en avicultura, Universidad Ces World Animal Protection, 1–47. World Animal Protection. Consultado 21 Set. 2016. Disponible en http://www.worldanimalprotection.org.

Malleau, AE; Duncan, IJH; Widowski, TM; Atkinson, JL. 2007. The importance of rest in young domestic fowl (en línea). Applied Animal Behaviour Science 106(1–3):52–69. DOI: https://doi.org/10.1016/J.APPLANIM.2006.06.017.

Manteca, X. 2016. Use of outcome-based measures and design-based measures (en línea). In 4ta Conferencia mundial de la OMSA sobre bienestar animal. Guadalajara, México, OMSA. Consultado 25 Jun. 2020. Disponible en: https://www.OMSA.int/esp/animal-welfare-conf2016/presrec.html.

Marchewka, J; Watanabe, TTN; Ferrante, V; Estevez, I. 2013. Welfare assessment in broiler farms: transect walks versus individual scoring (en línea). Poultry Science 92(10):2588–2599. DOI: https://doi.org/10.3382/ps.2013-03229.

Mason, G; Mendl, M. 1993. Why is there no simple way of measuring animal welfare? (en línea). Animal Welfare 2(4):301–319. Consultado 14 Ago. 2021. Disponible en: https://www.ingentaconnect.com/content/ufaw/aw/1993/00000002/00000004/art00002.

Mellor, DJ. 2016. Updating animalwelfare thinking: moving beyond the "five freedoms" towards "a lifeworth living" (en línea). Animals 6(3). DOI: https://doi.org/10.3390/ani6030021.

Mench, J. 2018. Advances in poultry welfare. 1 ed. Amsterdam. Países Bajos Woodhead Publishing. Eselvier . 2–408 p.

Mota, D; Velarde, A; Maris, E; Cajiao, MN. 2016. Bienestar animal: una visión global en Iberoamérica. 3 ed. Amsterdam, Países Bajos. Elsevier (en línea, kindle). 608 p.

Nicol, CJ; Caplen, G; Edgar, J; Browne, WJ. 2009. Associations between welfare indicators and environmental choice in laying hens (en línea). Animal Behaviour 78(2):413–424. DOI: https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2009.05.016.

http://paperpile.com/b/EewCkK/3XNE

OMSA (Organización Mundial de Sanidad Animal). 2004. Proceedings of the global conference on animal welfare: an OMSA initiative. Paris, 23–25 February 2004. Consultado Set. 2016. Disponible en http://www.OMSA.int.

OMSA (Organización Mundial de Sanidad Animal). 2005. Sexto plan estrátegico 2005. Consultado Jun. 2019. Disponible en: https://www.OMSA.int/es/quienes-somos/estrategia/#:~:text=La%20ambici%C3%B3n%20de%20la%20OMSA%20para%202025&text=Mejorar%20la%20sostenibilidad%20de%20la,de%20personas%20en%20la%20tierra.

OMSA (Organización Mundial de Sanidad Animal). 2008. Proceedings of the second OMSA global conference on animal welfare: putting the OMSA

standards to work Cairo. Egypt, 20-22. October 2008. Consultado 8 Set. 2016. Disponible en http://www.OMSA.int.

OMSA (Organización Mundial de Salud Animal) . 2016. Capítulo. 7.10. Bienestar animal y sistemas de producción de pollos de engorde (en línea). Consultado 16 Feb. 2022. Disponible en: https://www.OMSA.int/fileadmin/Home/esp/Health_standards/tahc/current/es_chapitre_aw_broiler_chicken.htm.

Phillips, C. 2009. Definitions and concepts of animal welfare. In the welfare of animals. Springer, Utrech, Netherlands. Animal Welfare (8) 1–12 p.

Rath, P; Behura, N; Sahoo, S; Panda, P; Mandal, K; Panigrahi, P. 2015. Amelioration of heat stress for poultry welfare: a strategic approach (en línea). International Journal of Livestock Research 5(3):1. DOI: https://doi.org/10.5455/IJLR.20150330093915.

Rushen, J. 1991. Problems associated with the interpretation of physiological data in the assessment of animal welfare (en línea). Applied Animal Behaviour Science 28(4):381–386. DOI: https://doi.org/10.1016/0168-1591(91)90170-3.

Rushen, J; Passille, A. 2009. The scientific basis of animal welfare indicators. In: Smulders, F. J. M. and Algers, B. The assessment and management of risks for the welfare of production animals. Food Safety Assurance and Veterinary Public Health. Volume 5. Wageningen Academic Press.

Turner, J; Garcés; L; Smith; W. 2005. The welfare of broiler chickens in the European Union. Compassion in World Farming Trust, 5 ed. Petersfield, Hampshire, United Kingdom. 208 p.

Tuyttens, FAM; Vanhonacker, F; van Poucke, E; Verbeke, W. 2010. Quantitative verification of the correspondence between the Welfare Quality® operational definition of farm animal welfare and the opinion of Flemish farmers, citizens and vegetarians (en línea). Livestock Science 131(1):108–114. DOI: https://doi.org/10.1016/J.LIVSCI.2010.03.008.

Tuyttens, FAM; Federici, JF; Vanderhasselt, RF; Goethals, K; Duchateau, L; Sans, ECO; Molento, CFM. 2015. Assessment of welfare of Brazilian and Belgian broiler flocks using the Welfare Quality protocol (en línea). Poultry Science 94(8):1758–1766. DOI: https://doi.org/10.3382/ps/pev167.

Ungerfeld, R. 2020. Welfare in farm animals: does national research accompany international demands in the subject? (en línea) Veterinaria (Montevideo) vol 56 (213) (2020 Ene-Jun). DOI: https://doi.org/10.29155/vet.56.213.1

Vanhonacker, F; van Poucke, E; Tuyttens, F; Verbeke, W. 2010. Citizens' views on farm animal welfare and related information provision: exploratory insights from Flanders, Belgium (en línea). Journal of Agricultural and Environmental Ethics 2010 23:6 23(6):551–569. DOI: https://doi.org/10.1007/S10806-010-9235-9.

Watts, JM; Graff, LJ; Strawford, ML; Crowe, TG; Burlinguette, NA; Classen, HL; Shand, PJ. 2011. Heat and moisture production by broilers during simulated cold weather transport (en línea). Poultry Science 90(9):1890–1899. DOI: https://doi.org/10.3382/PS.2010-01314.

Webster, A. 2009. The virtuous bicycle: a delivery vehicle for improved farm animal welfare (en línea). Animal Welfare 18: 141–147. Consultado 19 Mar. 2022. Disponible en: https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201301637589.

Weeks, Claire; Butterworth, A. 2004. Measuring and auditing broiler welfare.1 ed. Londres, Reino Unido. CABI Publishing. 505 p.

Wegner, RM. 2019. Poultry welfare – problems and research to solve them (en línea). Consultado 4 Set 2020. Disponible en: https://doi.org/10.1079/WPS19900004.

Welfare Quality Project. 2009. Welfare Quality® assessment protocol for poultry (en línea). Consultado 14 Ago. 2021. Disponible en: http://www.welfarequality.net/media/1293/poultry-protocol-watermark-6-2-2020.pdf.

Whay, H; Main, D; Green, L; Webster, A. 2003. Animal based measures for the assessment of welfare state of dairy cattle, pigs and laying hens: consensus of expert opinion (en línea). Animal Welfare 12: 205–217.DOI: https://research-information.bris.ac.uk/en/publications/animal-based-measures-for-the-assessment-of-welfare-state-of-dair.

Zhao, ZG; Li, JH; Li, X; Bao, J. 2014. Effects of housing systems on behaviour, performance and welfare of fast-growing broilers (en línea). Asian-Australasian Journal of Animal Sciences 27(1):140. DOI: https://doi.org/10.5713/AJAS.2013.13167.

1. Indicadores de bienestar en pollos de engorde en la primera y quinta semana de vida

Resumen:

Introducción. La definición del bienestar animal y de los aspectos que lo constituyen son multidimensionales y en muchas ocasiones es difícil determinar su causa y efecto. Los problemas de bienestar comprometen al animal individualmente y evaluar el bienestar en grandes parvadas es difícil. Pocos trabajos utilizan un amplio rango de indicadores y pocos evalúan el bienestar a nivel comercial. **Objetivo.** El objetivo de este estudio fue identificar indicadores ambientales, de alojamiento, salud y comportamiento para conocer su relación con el bienestar y desempeño productivo de pollos de engorde en granjas comerciales. **Materiales y métodos**. Se estudió el efecto de indicadores de salud, ambiente, alojamiento y comportamiento en el bienestar de los pollos (peso corporal, ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, porcentaje de mortalidad y selección, temperatura corporal, porcentaje de cojeras, rasguños y pododermatitis. Para reducir la dimensionalidad y complejidad de los factores estudiados se realizó un análisis multivariado de componentes principales. Para comprender las relaciones entre los componentes principales y las variables de bienestar animal se realizaron análisis de correlación y de regresión por pasos con los componentes principales como variables regresoras y se seleccionaron las variables que explicaron en mayor forma la variabilidad dentro de cada componente para conocer su relación individual con las variables identificadas como de bienestar animal. Se analizaron 31 granjas comerciales, ubicadas en la zona norte y central de Costa Rica, durante la primera semana de edad y al final del ciclo productivo. **Resultados.** El análisis de CP redujo la complejidad de los indicadores a siete variables simples. CP productivo, Enfermedad, Integridad de piel y patas, Densidad, Recursos, Sensación térmica, Condición ambiental y Comportamiento. Los CP que mejor describieron la variabilidad en el bienestar fueron el de comportamiento, integridad de piel y patas, densidad, enfermedad y

recursos. Los modelos que explicaron mejor la relación fueron los que incluyeron el CP de producción y salud, alojamiento y comportamiento, salud y alojamiento, densidad y comportamiento y enfermedad y alojamiento. La calidad de la cama y el tipo de galera mostraron diferencias significativas ($p<0,1$) en las variables de bienestar. La mayor parte de las granjas mostraron condiciones desfavorables de integridad de piel y patas y de sensación térmica durante la quinta semana. Las condiciones ambientales y las lesiones en patas se asociaron con las reacciones de miedo. **Conclusiones:** El abordaje de componentes principales permitió la simplificación e identificación los efectos más importantes en la granja: calefacción, la calidad de la cama, enfermedad, la disponibilidad de recursos, las condiciones ambientales y los comportamientos de motivación como el baño de arena y el acicalamiento.

Abstract

I**ntroduction** The definition of animal welfare and its components are multidimensional, and it is often difficult to determine its cause and effect. Welfare issues involve the individual animal and assessing welfare in large flocks is difficult. Few research uses a wide range of indicators and assess animal welfare at commercial level. **Objective.** The objective of this study was to identify environmental, housing, health, and behavioral indicators to know their relationship with the welfare and productive performance of broilers in commercial farms. **Materials and methods**. The effect of health, environment, housing, and behavior indicators on chicken welfare (body weight, weight gain, feed consumption, and feed conversion, percentage of mortality and selection, body temperature, percentage of lameness, scratches and pododermatitis) was studied. To reduce the dimensionality and complexity of the factors studied, a multivariate principal components analysis was performed. To understand the relationship between the main components and the animal welfare variables, correlation and regression analyses were performed with the main components as regressor variables and the variables that better explained the variability within each component were

selected to know their individual relationship with the variables identified as animal welfare. We analyzed 31 commercial farms, located in the north and center of Costa Rica, during the first week of age and at the end of the production cycle. **Results.** PC analysis reduced the complexity of indicators to seven simple variables. Productive PC, Disease, Skin and paw integrity, Density, Resources, Wind chill, Environmental condition, and Behavior. The PCs that best described variability in welfare was behavior, skin and paw integrity, density, disease, and resources. The models that best explained the relationship were those that included production and health PC, housing and behavior, health and housing, density and behavior, and disease and housing. The quality of the bed and the type of facility showed significant differences ($p<0.1$) in the welfare variables. Most farms showed unfavorable skin and paw integrity and wind chill conditions during the fifth week. Environmental conditions and leg injuries were associated with fear reactions. **Conclusions**: The main components approach allowed the simplification and identification of the most important effects on the farm: heating, bed quality, disease, resource availability, environmental conditions, and motivational behaviors such as sand bathing and preening.

Introducción

La producción de carne de pollo en el mundo se estimó en 130,5 millones de toneladas (FAO 2019), siendo la carne que más se produjo en el año 2019, anterior a la pandemia del coronavirus SARS-COV2, superando la producción de carne de cerdo y de bovinos. El consumo mundial per cápita estimado fue de 43,3 kg (FAO 2019). En Latinoamérica se produjeron 12 532, 43 millones de pollos en el año 2019 y en Costa Rica se engordaron 80 millones de pollos en el mismo año, el consumo per cápita por año se calculó en 29,50 kg (Industria Avícola 2020).

La industria avícola es una de las actividades pecuarias más organizadas y el interés en el bienestar de los pollos, gallinas y otras especies de aves, ha ido en aumento debido a la preocupación de los consumidores por la forma en que se produce, en que se alojan y se cuidan los animales (Miranda-de la Lama *et al.* 2017). La producción de carne de pollo es una actividad de ciclos cortos donde gran cantidad de animales se alojan sobre el piso, en condiciones ambientales controladas o instalaciones con ventilación natural o manual (Aviagen 2017), con sistemas automáticos de alimentación y de control ambiental.

El bienestar animal también ha sido un requisito para la comercialización de productos avícolas con los países de la Unión Europea (Van Horne y Achterbosch 2019), por lo que existe gran preocupación sobre la validación de los estándares, la evaluación objetiva del bienestar de las aves y la posibilidad de que el bienestar animal se convierta en un aspecto restrictivo para la comercialización e intercambio de productos avícolas.

El bienestar animal es un concepto multidimensional (Botreau *et al*. 2007) y es necesario considerar una serie de requisitos y una amplia cantidad de medidas asociadas a diferentes dimensiones para abordar adecuadamente el tema. Iniciativas como las del Welfare Quality® Project (Welfare Quality Project 2009) han propuesto la agrupación de indicadores de acuerdo con sus diferentes dimensiones como los principios de buena alimentación, buena salud, estabulación y de comportamiento adecuado; sin embargo, ha este sido criticado por sus limitaciones y por el traslape de algunos de los problemas de bienestar (Sandøe *et al.* 2019). Mellor (2017) propuso también un método con un abordaje que agrupa diferentes indicadores que denomina como los 5 dominios del bienestar animal y que amplía el ya conocido concepto de las 5 libertades del bienestar animal.

Uno de los aspectos más complejos en la disciplina del bienestar animal es su evaluación, especialmente en especies que se alojan en grandes poblaciones como en el caso de las aves. Los problemas de bienestar comprometen al animal individual por lo que la evaluación del bienestar en parvadas o en grupos grandes de animales es compleja, requiere entrenamiento y observación. La dinámica de parvada o de un grupo grande de aves es compleja pues depende de su tamaño, estructura social, disponibilidad, acceso a los recursos, a la genética y está fuertemente influenciada por el comportamiento social (Mench 2018).

El principal propósito de la ciencia del bienestar es comparar los efectos de diferentes medidas de manejo o de tratar los animales, basados en indicadores de bienestar (Sandøe *et al.* 2019). El bienestar de los pollos de engorde ha sido evaluado históricamente usando los mismos indicadores: porcentaje de mortalidad final, porcentaje de aves de descarte, densidad, lesiones de pododermatitis, quemaduras del corvejón y cojeras (Manning *et al*. 2007). Muchas de las evaluaciones también se realizan en la planta de cosecha o durante el transporte de los animales (Butterworth *et al.* 2015).

En animales de granja, frecuentemente se evalúa el riesgo de lesiones, la condición corporal, la posibilidad de expresar sus comportamientos naturales y las actividades específicas de la especie como exploración, juego, interacciones sociales, también se evalúan alteraciones del sistema inmune y enfermedades (Scahaw 2000). Otros indicadores frecuentemente utilizados son los que evalúan la complejidad del ambiente en que se encuentran los animales e incluyen densidad, temperatura ambiental, humedad relativa ambiental, condición de la cama y enriquecimiento ambiental (BenSassi *et al.* 2019).

Los indicadores de bienestar se han dividido en dos grupos: indicadores basados en recursos (IBR) e indicadores basados en el animal (ABMs) (Smulders *et al.* 2009, Manteca 2016, Munoz *et al*. 2018). Los IBR contemplan aspectos relacionados con el manejo, alojamiento y el medio ambiente de los animales, los ABMs evalúan aspectos directamente en el animal, como los parámetros fisiológicos y la presencia de enfermedades.

Butterworth (2013) y Gottardo *et al*. (2015) mencionan que los indicadores basados en el animal son los más frecuentemente utilizados en la investigación y en la legislación con respecto a los indicadores basados en recursos. Los ABMs generalmente requieren mayor inversión económica, lo que limita su monitoreo, cantidad de animales observados y cantidad de muestras. Los IBR suelen ser más rápidos de medir (Buijs *et al*. 2017); sin embargo, ambos tipos de indicadores presentan ventajas y desventajas (Smulders *et al*. 2009).

Algunos indicadores permiten identificar problemas puntuales o en tiempo real y otros muestran condiciones acumulativas o producto de períodos prolongados de tiempo. Esto no permite realizar cambios o modificaciones en el momento o en tiempo real, sino hasta el siguiente ciclo productivo (Manning *et al*. 2007).

Los indicadores basados en recursos son los que mejor identifican problemas inmediatos de bienestar (Smulders *et al.* 2009) pero pueden no ser útiles para detectar problemas crónicos. Estos indicadores son usados por productores, técnicos y veterinarios para monitorear, mejorar y asegurar las condiciones de bienestar de los animales en la granja.

Los indicadores que muestran condiciones acumulativas o basados en el animal se utilizan para demostrar cumplimiento de estándares oficiales y privados, para que sean aceptados por consumidores, como referencia de mercado y para realizar comparaciones; sin embargo, ambos tipos de indicadores requieren mayor

investigación y validación (Muñoz *et al.* 2018). Autores como Rushen (1991), Scahaw (2000), Popova-Ralcheva *et al.* (2002), Manning *et al.* (2007), Nicol *et al.* (2009), De Jong, *et al.* (2012) y Butterworth 2013), recomiendan el uso de un amplio rango de indicadores, que incluya varias categorías, especialmente indicadores fisiológicos, de comportamiento y de salud (Scahaw 2000).

Existen gran cantidad de protocolos para evaluar el bienestar; sin embargo, demandan gran cantidad de tiempo en su aplicación (Buijs *et al.* 2017), haciéndolos más accesibles para investigación que para la práctica de campo o a nivel comercial (Marchewka *et al.* 2013). Pocos trabajos evalúan el bienestar de los pollos de engorde a nivel comercial debido a la complejidad de los protocolos y a que los animales se pueden estresar durante la evaluación especialmente si se requiere su manipulación para examinar su condición física (De Jong *et al*. 2016).

BenSassi *et al* (2019) mencionan la necesidad de protocolos de evaluación simples, válidos, prácticos, eficientes y con intervenciones poco estresantes para evaluar el bienestar de granjas a nivel comercial. La evaluación del bienestar de los animales debe incluir indicadores que muestren repetitividad, especificidad, sensibilidad, validez, precisión, confiabilidad, objetividad y robustez (Gottardo *et al.* 2017). Para lograr esta simplificación y reducir la complejidad de la evaluación es necesario conocer cuáles son las condiciones que afectan de forma más significativa el bienestar de los pollos de engorde a nivel de granja. Este trabajo tuvo como objetivo identificar los factores ambientales, de alojamiento, salud y

comportamiento para conocer su relación con el bienestar y desempeño productivo de pollos de engorde en granjas comerciales.

Materiales y Métodos

Para identificar los factores que afectan el bienestar de los pollos de engorde a nivel comercial y reducir la complejidad del análisis se agruparon las variables ambientales, de alojamiento, salud y de comportamiento en la granja durante la primera y última semana de vida de pollos de engorde, con el fin de estimar sus efectos en el bienestar de las aves a nivel comercial.

Se evaluaron 15 granjas de pollos de engorde durante la primera semana de vida y 16 granjas al final de su período productivo (31 a 35 días de edad), antes de la práctica denominada raleo, que consiste en la captura y envío a la planta de cosecha de aproximadamente un 20 a un 30% de la población de cada galera, previo a que concluya el ciclo productivo, con el propósito de cosechar aves de menor talla y peso para un mercado específico.

Las granjas se ubicaron en zona norte y central de Costa Rica, zonas que presentan temperaturas ambientales de 17 a 30 °C, 80 % de humedad relativa y precipitaciones de 2612 a 3992 mm (IMN 2019). Se evaluaron granjas pertenecientes a una misma empresa: durante la época menos lluviosa (enero a marzo) y durante el inicio de la época más lluviosa (abril a julio) del año 2019.

Los pollos se alojaron bajo prácticas de manejo similares, consumieron las mismas dietas y albergaron hembras y machos de las líneas genéticas Cobb 500 y Ross 308 sobre cascarilla de arroz como material de cama. Todas la granjas y galeras utilizaron programas de iluminación similares, bebederos y comederos automáticos y sistemas de ventilación natural y de ambiente controlado. Las dimensiones de las galeras variaron entre 11-16 m de ancho y 150-180 m de largo.

Se evaluaron indicadores basados en el animal y basados en recursos con el objetivo de valorar la mayor cantidad de condiciones que pueden afectar el bienestar de los pollos de engorde. Se identificaron indicadores de diferentes categorías: productivos, de salud, de comportamiento, ambientales y de alojamiento.

Fig. 1.1 Método de evaluación mediante transectos (2,5 a 3,0 m de ancho). Las fechas indican la dirección y ubicación de los recorridos (Marchewka et al. 2013).

Algunos indicadores se evaluaron utilizando el método de transectos (Marchewka *et al.* 2013). Para esta evaluación se subdividió cada galera en dos segmentos o caminos imaginarios a lo largo de cada galera como se indica en la Fig. 1. Cada transecto o pasillo tuvo un ancho aproximado de 2,5 a 3,0 m y estuvo delimitado por las líneas de comedero, bebedero y por las paredes de la galera para los transectos laterales. Se caminó a lo largo de los transectos en direcciones contrarias, de ida y de regreso a lo largo de toda la galera. Para las evaluaciones individuales se realizó un muestreo aleatorio colocando un encierro en la primera parte de cada galera. Se evaluaron 100 pollos por galera.

Indicadores de salud

Para evaluar el estado sanitario de los pollos, en ambas edades, se calculó el porcentaje de cojeras de los pollos por galera detectada en las caminatas por los transectos. El total de pollos cojos se dividió entre la cantidad de pollos totales por galera y se dividió entre 100.

Se registró la cantidad de pollos que no se movieron o se movieron muy poco por cada transecto y a esta condición se le llamó inmovilidad. El porcentaje se calculó sobre el total de pollos de la galera. Se calculó el porcentaje de pollos enfermos o que mostraron: plumas erizadas, cresta pálida o signos respiratorios (edema facial, conjuntivitis, estornudos, disnea) por cada transecto.

Se cuantificó la cantidad de pollos agonizantes: con dificultad para respirar, que no se movieron, que permanecieron con los ojos cerrados y las plumas erizadas por transecto. El porcentaje se calculó sobre el total de pollos de la galera. Se cuantificó la cantidad de pollos muertos y pequeños: menos de la mitad del tamaño promedio de los pollos (Cobb Vantress 2015) por transecto y se registró el porcentaje.

Para la evaluación de las lesiones en forma individual, se tomaron 100 aves del encierro colocado al inicio de cada galera y se evaluó el grado de suciedad de las plumas, el porcentaje y el grado de pododermatitis, la presencia de lesiones en el corvejón y de rasguños en 100 pollos, de acuerdo con lo propuesto por el Welfare Quality® Project (Welfare Quality Project 2009).

Se calculó el porcentaje de mortalidad natural y el porcentaje selección o de aves descartadas, considerando la cantidad de pollos que murieron por causas naturales y los pollos que fueron eliminados por diferentes causas durante la semana de evaluación.

Indicadores productivos

Se calculó la conversión alimenticia, el consumo de alimento, la ganancia de peso y el peso corporal acumulados de las semanas evaluadas por galera. Para el cálculo del peso corporal se pesó un 2,0% de la población de pollos por galera mediante un muestreo aleatorio colocando trampas y pesando las aves en las

cuatro esquinas y en el centro de la galera. Se pesaron individualmente todas las aves de cada trampa utilizando una balanza electrónica (Salter® Brecknell) de 10,00 x 0,01 kg y se calculó el promedio de peso acumulado semanal.

Indicadores de comportamiento

Para evaluar los patrones de comportamiento se realizaron etogramas en encierros de aproximadamente 100 pollos, por medio de observación directa y mediante video por 10 minutos, con 4 repeticiones por cada observación (Bozakova *et al.* 2007). Las evaluaciones se realizaron a los 8 días de edad y al final del ciclo productivo en cada una de las granjas. Los videos se filmaron con una cámara Cannon Power Shot, SX420 IS de 20 megapixeles. Los comportamientos naturales evaluados se describen en el Cuadro 1.1, se calculó y registró el porcentaje de pollos que realizó cada comportamiento.

Cuadro 1.1. Descripción de los comportamientos naturales evaluados (etograma).

Comportamiento	Descripción
Comer	El pollo se acerca al comedero no importa si hay consumo efectivo o no, o si está de pie o echado
Beber	Se acerca a la tetina, la pica, estira el cuello y toma agua
Acicalarse	Arregla y limpia sus plumas con el pico
Baño de arena	Se estira y agita las alas interactuando con el material de la cama, se restriega de lado y mezcla el material de la cama contra el cuerpo intermitentemente
Forrajear	Rasca la cama con sus patas y escarba el material con el pico
Jugar	Realiza comportamientos como pelear con sus compañeros, corre sin razón aparente o explora objetos de su medio ambiente
Batir alas	Mueve o extiende una o ambas alas rítmicamente en un ángulo de 45 grados
Jadeo	Respira forzadamente abriendo el pico
Echarse	El pecho del ave se encuentra en contacto con la cama, puede tener los ojos abiertos o cerrados
Picaje	Pica agresivamente a otros pollos en las plumas, cola o cualquier otra parte del cuerpo

Previo a cada observación se permitió un período de 5 minutos de adaptación de los animales al observador. Al inicio de cada etograma se registró la temperatura ambiental en grados centígrados, el porcentaje de humedad relativa ambiental y la intensidad lumínica en luxes.

Fig.1.2. Objetos novedosos utilizados durante la primera semana de vida.

Se realizó la prueba de contacto (TT) modificada que consistió en aproximarse a un grupo de entre 3 y 5 pollos, colocarse de cuclillas, estirar el brazo e intentar tocar los pollos. Se contabilizó la cantidad de pollos que se tocaron en cinco intentos (Graml *et al.* 2008). En el centro de la cada galera se aplicó la prueba del objeto novedoso (NOT) modificada que consistió en colocar un objeto nuevo sobre

la cama. Se utilizaron dos tipos de objetos novedosos (Fig. 1.2), una bola coloreada de rojo, azul y amarillo y una tabla de franjas blancas, amarillas, azules, verdes, negras y rojas. Se registró la cantidad de pollos que se acercaron a los objetos novedosos al minuto, dos minutos y tres minutos de haber colocado el objeto (Graml et al. 2008). Se realizaron tres conteos en cada uno de los tres tiempos evaluados

Indicadores fisiológicos

Se midió la temperatura corporal de 50 pollos por galera durante la primera semana de edad y al final del ciclo productivo. La medición de la temperatura corporal de la primera semana fue cloacal y se utilizó un termómetro digital (Braun®) de 2,6 x 9,0 x 20,4 cm. La temperatura corporal de los pollos al final del ciclo se midió en la axila, utilizando un termómetro infrarojo (Blue Jay), con un rango de 0 a 45 °C. Se tomaron fotos termográficas al total del cuerpo de los pollos utilizando una cámara termográfica (Testo, 868). Las fotos se tomaron a 50 cm de distancia de las aves y posteriormente se analizaron en el software de Testo.

Indicadores ambientales

La temperatura ambiental en grados centígrados, el porcentaje de humedad relativa ambiental, la intensidad lumínica en luxes y la velocidad del aire en $pies^3/min$ se midieron al momento de la visita, en el centro de cada galera, con un medidor de condiciones ambientales (Sper Scientific, 850070). La sensación

térmica se calculó de acuerdo con lo recomendado por Tao y Xin (2003). La concentración de amoníaco se midió en ppm a la mitad de cada galera y a la altura de los pollos con un sensor Smart Sensor (Intel instruments, AR8500).

Para medir la cantidad de polvo en la galera se utilizó la metodología propuesta por Welfare Quality® Project (Welfare Quality Project 2009). Para ello se colocó una hoja color negro tamaño A4 en la galera donde no tuvieron acceso los pollos, se dejó por una hora y se evaluó pasando un dedo sobre la superficie de la hoja de acuerdo con el siguiente criterio de clasificación: A: Sin polvo, B: Poco polvo, C: Cobertura delgada, D: Mucho polvo, E: No es posible observar la hoja. Para el análisis de los datos, los criterios de clasificación se agruparon en dos: granjas sin polvo (A y B) y en granjas con polvo (C y D) de acuerdo con la cantidad de observaciones obtenidas.

La temperatura interna promedio de la galera: techo, cama, paredes y espacio de recibo) se evaluó mediante fotos termográficas (Fig. 1.3) en ambas edades de los pollos con una cámara Testo 868.

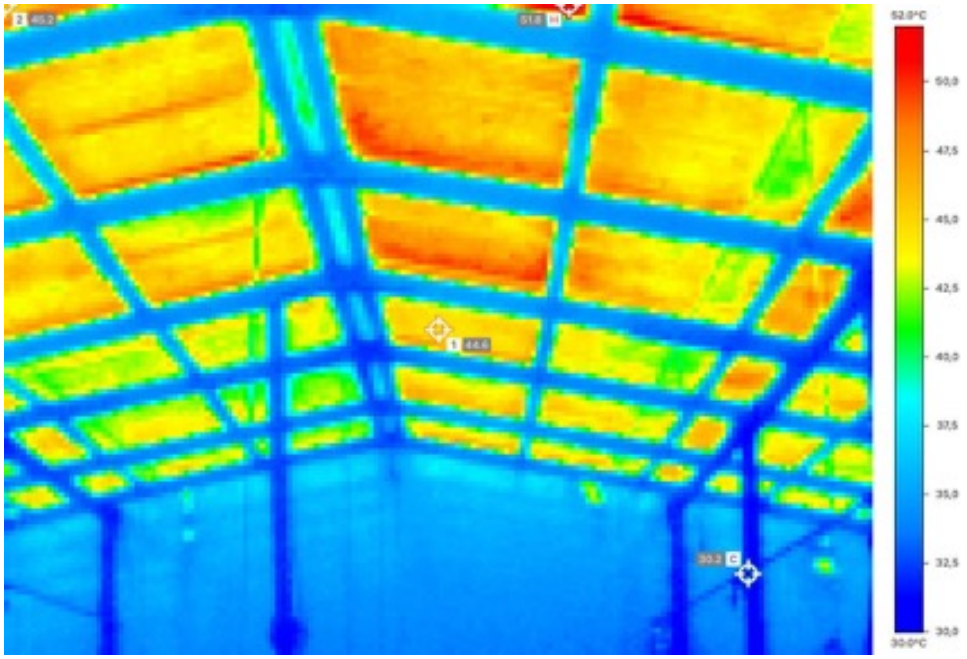


Fig 1.3. Termografía del techo de la granja.

Indicadores de alojamiento

Se registró la cantidad de comederos y bebederos por galera, así como las dimensiones del edificio en metros, utilizando un medidor de distancia láser marca Leica Geosystems (Leica Disto D2). La cantidad de aves ingresadas a la galera se dividió entre el número de comederos y tetinas por galera para determinar la cantidad de pollos por comedero y bebedero. Para calcular la densidad se midió la galera: largo y ancho y se restó el espacio de ocupación de los bebederos y comederos o de otro tipo de equipo como ventiladores. Se estimó el espacio libre de piso que quedó para las aves en metros cuadrados, se cuantificó la cantidad de aves presentes en ese momento y su peso para calcular la densidad en pollos y en kilos por metro cuadrado (Welfare Quality Project 2009).

La calidad de la cama se evaluó según lo propuesto por el Welfare Quality® Project (Welfare Quality Project 2009). La evaluación se realizó en cuatro puntos diferentes de la galera: debajo de los bebederos, debajo de los comederos, en la puerta de ingreso y al final de la galera. La cama se clasificó de acuerdo con los siguientes 4 criterios: 0: Completamente seca y suelta, fácil de mover con el pie, 1: Seca pero no tan fácil de mover con el pie. 2: Permite imprimir la huella del calzado y hacer bolas compactas con las manos, pero el material de las bolas no se mantiene unido. 3: Las botas se pegan en la cama y se pueden hacer bolas compactas, 4: Presencia de emplastamientos que se rompen con el movimiento de la bota. Para el análisis de los datos los criterios de clasificación se agruparon en dos: cama seca (0 y 1) y cama húmeda (3 y 4) de acuerdo con la cantidad de observaciones.

Se cuantificó la relación de cuidadores por pollo, dividiendo el número de pollos totales alojados en la granja entre el número de cuidadores. Se cuantificó la disponibilidad del agua de bebida, midiendo los centímetros cúbicos de agua por minuto por tetina y se midió la temperatura del agua con el termómetro láser.

En las galeras con ventilación natural se calculó la cantidad de ventiladores por pollo como una medida de movimiento de aire. Durante la primera semana de edad se calculó la densidad de los pollitos en el espacio de recibo y la cantidad de pollos por criadora o calentadora de gas.

Análisis de datos

Se realizó estadística descriptiva para conocer los resultados de las pruebas realizadas por cada granja evaluada: media, desviación estándar, moda, máximo y mínimo. Se aplicó un análisis de correlación de Pearson para conocer el grado de asociación de todas las variables estudiadas.

Se realizó un análisis de componentes principales para reducir la dimensión de las variables evaluadas en la granja durante la primera y la quinta semana de edad y para conocer las relaciones entre estas variables con las que se describieron como variables de bienestar animal. Las variables de respuesta o denominadas como bienestar animal fueron: peso corporal, ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, temperatura corporal, porcentaje de pododermatitis, porcentaje de cojeras, comportamiento natural, la prueba de contacto, la prueba de objeto novedoso, el porcentaje de mortalidad, porcentaje de rasguños y el porcentaje de selección (Cuadro 1.2).

Las variables continuas se agruparon de acuerdo con su relación biológica y con los criterios de agrupación, con modificaciones, del modelo propuesto por Mellor (2017). Una vez agrupadas, a cada grupo de variables se les realizó un análisis de correlación de Pearson.

Cuadro 1.2. Indicadores o variables estudiadas en la granja durante la primera y quinta semana de edad.

Variables de respuesta (Bienestar animal)	Variables categóricas	Variables ambientales	Variables de salud	Variables de alojamiento	Variables de comportamiento
Peso corporal acumulado	Calidad de la cama	Temperatura ambiental	Porcentaje de inmovilidad	Cantidad de pollos por comedero	Comer
Ganancia de peso diaria	Cantidad de polvo en las galeras	Humedad relativa ambiental	Porcentaje de pollos pequeños	Cantidad de pollos por tetina	Beber
Consumo de alimento acumulado	Presencia de enfermedad	Concentración de amoníaco	Porcentaje de pollos enfermos	Densidad en m^2	Jugar
Conversión alimenticia acumulada		Intensidad lumínica	Porcentaje de pollos agonizantes	Caudal de agua del bebedero cc/min	Batir alas
Porcentaje de mortalidad semanal		Velocidad del aire	Porcentaje de pollos muertos	Temperatura del agua	Acicalarse
Porcentaje de selección semanal		Sensación térmica	Porcentaje de pollos sucios	Cantidad de pollos por ventilador	Baño de arena
Temperatura corporal		Termografía del espacio de recibo	Porcentaje de lesiones en el corvejón	Cantidad de pollos por cuidador	Forrajear
Porcentaje de cojeras		Termografía de la cama			Echarse
Porcentaje de pododermatitis		Termografía de las paredes			Jugar
Porcentaje de rasguños		Termografía del techo			Picaje
Comportamiento natural		Termografía de cada pollo			Jadeo
Prueba de contacto					
Prueba de objeto novedoso					

Luego se aplicaron las pruebas de Shapiro-Wilk y de Kolmogorov-Smirnov para determinar si las variables presentaban distribución normal. Se realizó un análisis de correlación no paramétrica (prueba de Spearman) y para los análisis preliminares se realizaron pruebas de Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación

de muestreo y pruebas de esfericidad de Barnett para determinar la existencia de correlaciones no nulas.

Posteriormente se realizó un análisis de componentes principales y se aplicaron las pruebas de verosimilitud y la prueba de rotación de factores o prueba de Varimax con normalización de Kaiser. Para conocer la contribución única de cada variable dentro del componente se realizó una matriz de coeficientes de puntuación de los componentes. Las granjas evaluadas se calificaron de acuerdo con su relación con las variables de los componentes extraídos.

Para comprender las relaciones entre los componentes principales y las variables de respuesta, se realizaron análisis de regresión por pasos (stepwise) con los componentes principales como variables regresoras, además se seleccionaron las variables o indicadores que explicaron en mayor forma la variabilidad dentro de cada componente para conocer su relación individual con las variables de respuesta.

Los modelos utilizados fueron los siguientes:

$$Y_{ij} = \mu + CP_i + V + e_j$$

Donde:

Y_{ijm} = Observación que corresponde al i-ésimo tratamiento del componente principal sobre el peso corporal, la ganancia de peso, el consumo de

alimento, conversión alimenticia, temperatura corporal, porcentaje de pododermatitis, porcentaje de cojeras, porcentaje de rasguños, comportamiento natural, el porcentaje de mortalidad y el porcentaje de selección.

μ = Media general.

CP_i = Efecto del i-ésimo tratamiento del componente principal (CP).

V_j = Efecto del i-ésimo tratamiento de la variable que explica el mayor porcentaje de la varianza observada dentro del componente principal.

E_{ijm} = Término de error aleatorio asociado a $Y_{ij.}$

Para los análisis con las variables categóricas se realizaron las pruebas de T para establecer las diferencias entre las medias de las clasificaciones de cada variable independiente con la variable de respuesta. Para el análisis se realizaron las pruebas de Levene para varianzas iguales y la prueba de Welch para varianza desiguales. El modelo utilizado fue:

$$Y_{ij} = \mu + D_{ij1,2} + e_j$$

Donde:

Y_{ijm} = Observación que corresponde al i-ésimo tratamiento sobre el peso corporal, la ganancia de peso, el consumo de alimento, conversión alimenticia, temperatura corporal, porcentaje de pododermatitis, porcentaje de cojeras, comportamiento natural, el porcentaje de mortalidad, porcentaje de rasguños y el porcentaje de selección.

μ = Media general.

Di = Efecto del i-ésimo tratamiento de la calidad de la cama (húmeda y seca), enfermedad (presencia y ausencia), cantidad de polvo en la galera (presencia y ausencia) y tipo de galera (ventilación natural y ambiente controlado).

E_{ijm} = Término de error aleatorio asociado a $Y_{ij.}$

Para el análisis se utilizó el software SPSS IBM Statistics versión 27 (Arbuckle 2014).

Resultados

1. Análisis descriptivo de las granjas durante la primera y quinta semana de vida

Los rendimientos productivos promedio de las 15 granjas evaluadas durante la primera semana de vida de los pollos: peso corporal, consumo de alimento, conversión alimenticia, ganancia de peso y porcentaje de mortalidad se observaron dentro de los rangos recomendados por las líneas genéticas Cobb y Ross (Cuadro 1.3). El porcentaje de mortalidad y el porcentaje de selección sobrepasaron los límites esperados, así como la concentración de amoníaco, la temperatura del agua, el porcentaje de pollos pequeños, de pollos sucios y el porcentaje de lesiones por pododermatitis.

Durante la quinta semana de vida, los pollos también mostraron rendimientos similares a los recomendados por las líneas genéticas Cobb 500 (Cobb Vantress 2021) y Ross 308 (Aviagen 2018) y a los esperados por las granjas evaluadas, tal como se muestra en el Cuadro 1.4. El promedio de temperatura ambiental de la granja, la humedad relativa ambiental y la intensidad de luz superaron los parámetros recomendados para pollos de engorde durante la quinta semana de edad (Aviagen 2018, Cobb Vantress 2021).

Cuadro 1.3. Resumen de la estadística descriptiva de los indicadores evaluados durante la primera semana de vida en 15 granjas comerciales de pollo de engorde.

Indicador	Promedio	D.E	Máximo	Mínimo
Peso corporal (g)	178,97	16,20	210,00	159,00
Ganancia de peso diaria (g)	19,63	2,76	25,92	16,00
Consumo acumulado de alimento (g)	171,97	23,06	129,00	210,00
Conversión alimenticia	0,96	0,11	1,28	0,81
Porcentaje de mortalidad	1,95	2,08	8,80	0,14
Porcentaje de selección	0,76	0,52	2,00	0,05
Temperatura corporal (°C)	41,08	0,35	41,60	40,51
Porcentaje de cojeras	0,06	0,11	0,36	0,00
Porcentaje de pododermatitis	44,93	30,15	96,00	7,00
Temperatura ambiental (°C)	29,24	2,67	35,80	24,60
Humedad relativa (%)	67,18	11,93	90,00	46,00
Concentración de amoníaco (ppm)	5,12	8,39	22,30	0,00
Intensidad lumínica (luxes)	45,07	34,50	125,00	11,00
Velocidad de aire (fpm)	22,37	52,59	202,00	0,00
Sensación térmica	28,46	2,39	34,28	24,24
Termografía del espacio recibo (°C)	30,42	3,32	34,30	24,10
Termografía de la cama (°C)	28,99	3,34	33,60	22,80
Termografía del techo (°C)	38,77	8,74	60,10	24,10
Termografía de las paredes (°C)	27,84	3,51	35,90	21,30
Termografía de cada pollo (°C)	36,51	9,28	39,80	34,64
Porcentaje de inmovilidad	0,08	0,13	0,45	0,00
Porcentaje de pollos pequeños	1,13	3,70	1,00	0,00
Porcentaje de pollos enfermos	0,14	0,26	0,90	0,00
Porcentaje de pollos agonizantes	0,04	0,07	0,22	0,00
Porcentaje de pollos muertos	0,11	0,31	1,26	0,00
Porcentaje de pollos sucios	38,57	19,10	96,00	20,00
Porcentaje de lesiones en el corvejón	6,00	11,81	44,00	0,00
Cantidad de pollos por comedero	63,40	11,09	40,38	83,00
Cantidad de pollos por tetina	22,70	7,96	38,00	11,00
Densidad pollos / m2	55,52	7,37	70,00	45,00
Caudal de agua del bebedero cc/min	55,18	11,46	70,00	30,00
Temperatura del agua (°C)	27,94	1,83	30,10	24,90
Cantidad de pollos por criadora	1774	681,49	884	3142
Pollos por cuidador	26906	4699	36280	15030

D.E=Desviación estándar.

La temperatura del techo y de la cama, el porcentaje de pollos sucios, con lesiones en el corvejón y con rasguños también mostraron valores superiores a los esperados (Oloyo y Ojerinde 2019, Cobb Vantress 2021) y reportados por otros autores (Bokkers y Koene 2004, Berg 2009, Vanderhasselt 2013). El caudal de agua promedio fue menor al recomendado (Aviagen 2018) para la quinta semana

de vida (Kristensen *et al.* 2006) de los pollos y también la temperatura promedio del agua, la temperatura máxima observada del agua fue de 31,5 °C.

Cuadro 1.4. Resumen de la estadística descriptiva de los indicadores evaluados durante la quinta semana de vida en 16 granjas comerciales de pollos de engorde.

Indicador	Promedio	D.E	Máximo	Mínimo
Peso corporal (g)	2196,62	101,05	2360,00	2030,00
Ganancia de peso diaria (g)	87,09	9,11	104,00	70,80
Consumo acumulado de alimento (g)	3297,00	174,46	3689,00	3017,00
Conversión alimenticia	1,50	0,09	1,71	1,38
Porcentaje de mortalidad acumulado	4,59	1,59	8,06	2,50
Porcentaje de selección acumulado	2,41	1,12	5,34	1,06
Temperatura corporal (°C)	41,21	0,57	42,21	40,30
Porcentaje de cojeras	0,62	1,23	4,90	0,00
Porcentaje de pododermatitis	81,25	23,24	99,00	57,00
Temperatura ambiental (°C)	26,22	2,75	31,20	20,50
Humedad relativa (%)	76,39	7,58	85,90	66,40
Concentración de amoníaco (ppm)	3,98	4,17	17,80	0,00
Intensidad lumínica (luxes)	37,87	62,88	215,00	0,00
Velocidad de aire (fpm)	457,34	328,62	1029,00	0,00
Sensación térmica	24,71	2,33	28,38	20,24
Termografía de cada pollo (°C)	39,60	1,50	42,60	36,60
Termografía de la cama (°C)	29,81	3,31	35,90	24,50
Termografía del espacio general (°C)	26,92	3,18	34,10	21,00
Termografía del techo (°C)	36,00	9,74	56,40	24,30
Porcentaje de inmovilidad	0,24	0,49	1,97	0,01
Porcentaje de pollos pequeños	0,38	0,46	1,55	0,07
Porcentaje de pollos enfermos	0,17	0,34	1,31	0,00
Porcentaje de pollos agonizantes	0,05	0,08	0,29	0,00
Porcentaje de pollos muertos	0,03	0,03	0,095	0,00
Porcentaje de pollos sucios	73,81	29,83	99,00	22,00
Porcentaje de lesiones en el corvejón	58,56	23,24	91,00	14,00
Porcentaje de rasguños	49,37	15,89	42,21	40,30
Cantidad de pollos por comedero	58,87	10,85	79,00	44,00
Cantidad de pollos por tetina	8,90	2,55	13,00	5,50
Densidad pollos/ m^2, kg/m^2	16,39, 36	3,10	20,60	11,50
Caudal de agua del bebedero (cc/min)	47,12	18,01	80,00	14,00
Temperatura del agua (°C)	25,74	2,31	31,50	22,50
Pollos por cuidador	29871	6356	44000	20200

D.E=Desviación estándar.

El etograma (Cuadro 1.5) de los pollos durante la primera semana de vida mostró que el comportamiento natural más observado fue el de permanecer echados, seguido de comer, beber y acicalarse, también se observó un 1,43% de pollos

jadeando. Los comportamientos menos observados fueron los de jugar y picar a otros.

Cuadro 1.5. Resumen de la estadística descriptiva de los indicadores de comportamiento natural de la primera semana de vida de los pollos de engorde.

Indicador (%)	Promedio	D.E	Máximo	Mínimo
Echarse	83,52	6,13	97,42	69,00
Comer	10,48	4,44	23,81	3,64
Beber	6,02	2,45	13,14	2,08
Acicalarse	2,91	2,47	13,09	0,00
Jadeo	1,43	2,12	8,65	0,00
Batir alas	1,06	1,01	4,19	0,00
Baño de arena	0,61	0,87	4,03	0,00
Forrajear	0,55	0,56	2,38	0,00
Jugar	0,08	0,22	1,19	0,00
Picaje	0,03	0,11	0,69	0,00

D.E=Desviación estándar.

Durante la quinta semana de vida, permanecer echados fue el comportamiento más observado, seguido de jadear y de beber agua. Un 4,01% de los pollos mostró el comportamiento de acicalarse. Jugar y picar a otros fueron los comportamientos que menos mostraron los pollos durante este período de vida, similar a lo observado durante la primera semana (Cuadro 1.6).

Cuadro 1.6. Resumen de la estadística descriptiva de los indicadores de comportamiento natural de la quinta semana de vida de los pollos de engorde.

Indicador (%)	Promedio	D.E	Máximo	Mínimo
Echarse	76,96	10,70	96,00	54,98
Jadeo	21,84	32,67	100,00	0,00
Comer	12,55	8,49	36,62	0,60
Beber	4,54	2,79	11,40	1,10
Acicalarse	4,01	1,92	7,43	1,00
Batir alas	0,78	0,75	3,00	0,10
Forrajear	0,64	0,86	3,50	0,00
Baño de arena	0,57	0,79	2,66	0,00
Jugar	0,08	0,13	0,41	0,00
Picaje	0,01	0,05	0,19	0,00

D.E=Desviación estándar.

2. Análisis de correlación

2.2. Primera semana

Los análisis de correlación (Fig.1.4) mostraron una fuerte asociación entre el porcentaje de mortalidad acumulada y los porcentajes de pollos inmóviles, pequeños, enfermos, agonizantes, con cojeras, muertos, sucios con lesiones de corvejón, pododermatitis y con la temperatura cloacal. Asociación intermedia (0,4-0,6) con los pollos por bebedero y pollos por criadora y correlación intermedia pero negativa con ganancia de peso, lo que indica que bajas ganancias de peso estuvieron asociadas linealmente con alto porcentaje de mortalidad. Se observó asociación intermedia pero también negativa entre el porcentaje de selección y el peso corporal, la ganancia de peso diaria, el consumo de alimento y la temperatura ambiental.

La conversión acumulada tuvo una fuerte asociación negativa con la humedad relativa ambiental, la velocidad del aire, el porcentaje de pollos sucios, la cantidad de pollos por criadora y el caudal de agua del bebedero. La asociación fue positiva con el consumo de alimento. Un mayor consumo de alimento estuvo asociado con menor porcentaje de selección, velocidad del aire, pollos por criadora y porcentaje de pollos sucios. La asociación fue positiva con la conversión alimenticia, peso corporal y ganancia de peso. Se observó asociación fuerte y positiva entre el peso corporal, el consumo de alimento y la ganancia diaria e intermedia y negativa con el porcentaje de selección, la temperatura ambiental, la velocidad del aire, los pollos por criadora, la temperatura del agua y la sensación térmica. La ganancia de peso se asoció fuerte y positivamente con el peso corporal e intermedia, pero negativamente con el porcentaje de pollos muertos y con el porcentaje de selección.

Menores temperaturas ambientales mostraron una asociación fuerte con mayor humedad relativa e intermedia con mayores temperaturas cloacales. La concentración de amoníaco mostró intermedia asociación positiva con la densidad de recibo. La velocidad del aire se asoció positivamente con la temperatura del agua de bebida. La intensidad lumínica se observó asociada de manera intermedia y positiva con el porcentaje de cojeras. La cantidad de pollos por comederos se asoció positivamente con la cantidad de pollos por tetina, el porcentaje de mortalidad y la densidad de recibo al igual que la cantidad de pollos por tetina.

La densidad de recibo estuvo relacionada con el peso corporal, el consumo de alimento y la ganancia de peso, con los pollos por criadora, la humedad relativa y con el porcentaje de selección. Alta cantidad de pollos por criadora mostró asociación negativa con el peso, el consumo y la ganancia de peso. Bajos caudales de agua mostraron asociación intermedia negativa con la conversión alimenticia. Mayores temperaturas del agua de bebida mostraron asociación negativa intermedia con el peso y la ganancia.

El porcentaje de inmovilidad, de pollos pequeños, enfermos, con cojeras, con pododermatitis, con lesiones en corvejón y sucios se asociaron fuertemente entre sí y con la temperatura cloacal, densidad de recibo, pollos por tetina y por comedero y de forma negativa con la ganancia de peso.

La cantidad de pollos por criadora, por tetina, la densidad de recibo, la temperatura del agua y los pollos por criadora también mostraron fuerte asociación entre sí, al igual que la intensidad lumínica, la temperatura ambiental, la humedad relativa ambiental. Una asociación fuerte entre los indicadores se utilizó como criterio de agrupación para el análisis de componentes principales.

Se observó una fuerte asociación entre los comportamientos de comer, baño de arena y permanecer echados con los porcentajes de inmovilidad, pequeños, enfermos, cojeras, agonizantes, muertos, sucios, lesiones en el corvejón, porcentaje de pododermatitis y la temperatura cloacal.

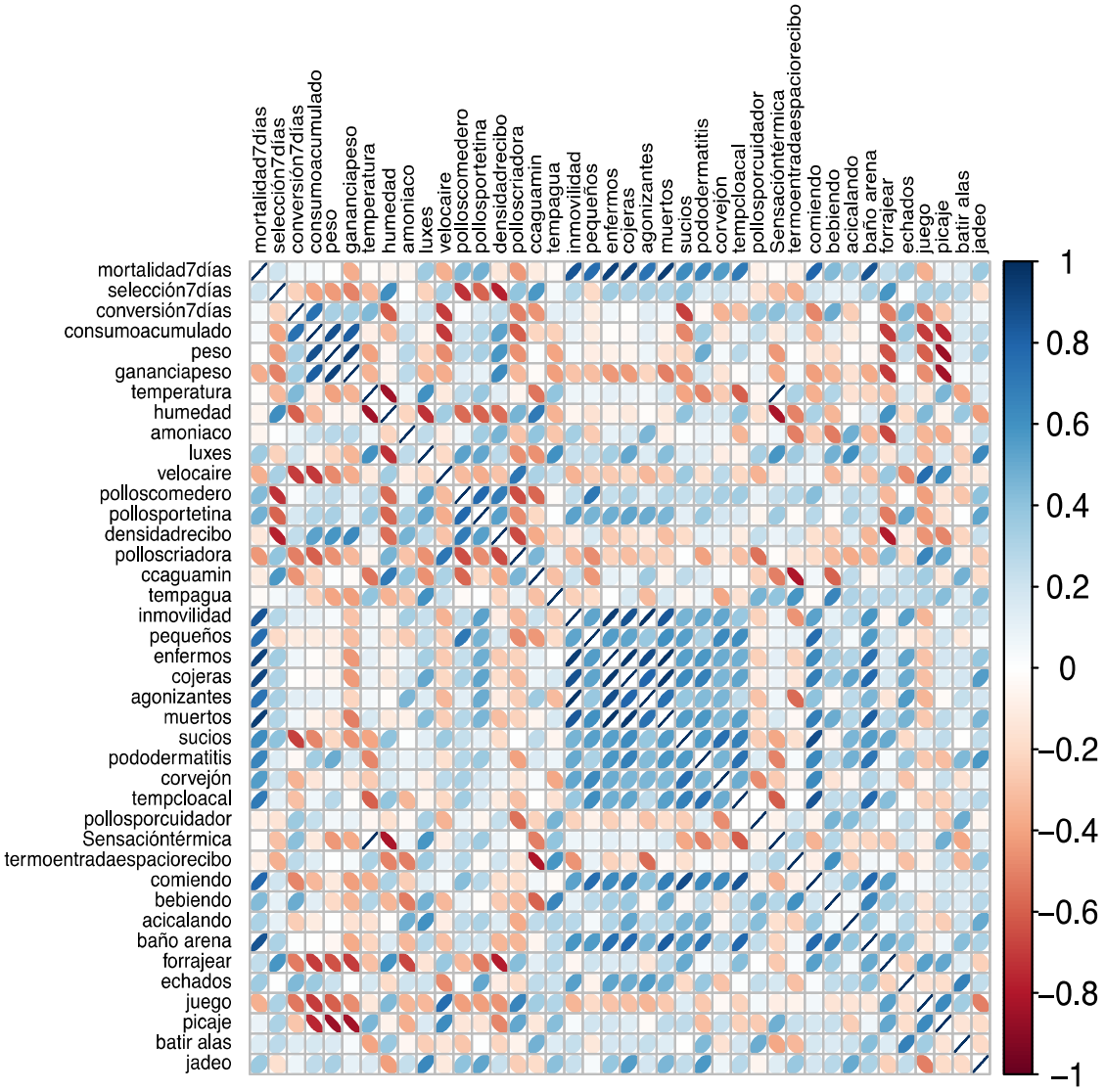


Fig. 1.4. Coeficientes de correlación de los indicadores estudiados durante la primera semana de vida

Los rendimientos productivos mostraron correlación negativa con los comportamientos de forrajeo, juego y picaje. Al igual que la densidad del espacio de recibo y concentración de amoníaco con el comportamiento de forrajeo.

Los pollos por criadora, la velocidad del viento y la sensación térmica mostraron correlación positiva con el forrajeo. El jadeo estuvo asociado positivamente con la intensidad lumínica, la cantidad de pollos por tetina, el porcentaje de cojeras y de pododermatitis. Los comportamientos que mostraron mayor asociación entre sí fueron batir alas y permanecer echados, picaje con juego, forrajear con juego y picaje, comer y beber con baño de arena.

2.2. Quinta semana

El porcentaje de mortalidad acumulada a la quinta semana mostró fuerte asociación positiva con el porcentaje de pollos inmóviles, con cojeras, enfermos, agonizantes y muertos durante el muestreo, como se esperaba (Fig. 1.5). Además, se observó asociación con el número de pollos por cuidador y con el porcentaje de pollos jadeando, también asociación negativa con el flujo de agua en el bebedero, el porcentaje de pollos con lesiones en el corvejón y de rasguños.

El porcentaje de selección se correlacionó negativamente con el flujo de agua y en forma positiva con el porcentaje de pollos muertos, de jadeo y con la cantidad de pollos por cuidador. La conversión alimenticia se asoció fuerte y positivamente con el consumo de alimento y en forma negativa con el peso corporal, la ganancia de peso, el porcentaje de pollos inmóviles, pequeños, enfermos, con cojeras, rasguños, con el número de pollos por cuidador y con el porcentaje de juego.

El consumo de alimento se asoció negativamente con la temperatura ambiental, el porcentaje de pollos pequeños y de pollos agonizantes. El peso corporal y a la ganancia de peso a la quinta semana de edad mostraron correlaciones positivas con el comportamiento de comer y juego. Se observó asociación negativa con la temperatura del agua, la temperatura corporal, la sensación térmica y los comportamientos de permanecer echados y de jadeo, lo que sugiere que conforme aumenta la presentación de estos comportamientos podría disminuir el peso corporal.

La temperatura ambiental y la sensación térmica se correlacionaron en forma positiva con la concentración de amoníaco, la temperatura del agua, las temperaturas del techo y las paredes y con el porcentaje de jadeo lo que indicaría que conforme aumentan o disminuyen la temperatura ambiental y la sensación térmica, estas variables también aumentan o disminuyen.

Las variables peso productivas, peso corporal, ganancia de peso y el consumo de alimento también se correlacionaron en forma negativa con la temperatura y la sensación térmica, así como los porcentajes de humedad relativa ambiental, de lesiones en el corvejón y de pododermatitis. La humedad relativa ambiental se asoció fuerte y positivamente con el porcentaje de pollos sucios y en forma negativa con las temperaturas de techo, paredes y con la temperatura del agua. La correlación entre la concentración de amoníaco fue negativa con el peso corporal, el porcentaje de lesiones en corvejón y con el porcentaje de pollos

muertos, lo que indicaría que cuando aumenta la humedad relativa ambiental disminuyen estas variables.

La intensidad de luz se asoció en forma positiva con los comportamientos de forrajear y de batir las alas. La velocidad del aire mostró correlación positiva con la densidad y negativa con el porcentaje de pollos sucios, lesiones por pododermatitis y de corvejón. La cantidad de pollos por comedero mostró correlación positiva con el porcentaje de pollos pequeños lo que podría indicar que cuando aumenta la cantidad de pollos por comedero aumenta el porcentaje de pollos de tamaño pequeño.

Cuando se analizó la correlación entre los pollos por tetina o bebedero, se observó asociación positiva con el comportamiento de jadeo, el porcentaje de inmovilidad, de pollos pequeños, cojeras, pollos agonizantes y muertos. La asociación negativa se observó con el porcentaje de selección y el comportamiento de forrajeo y de juego.

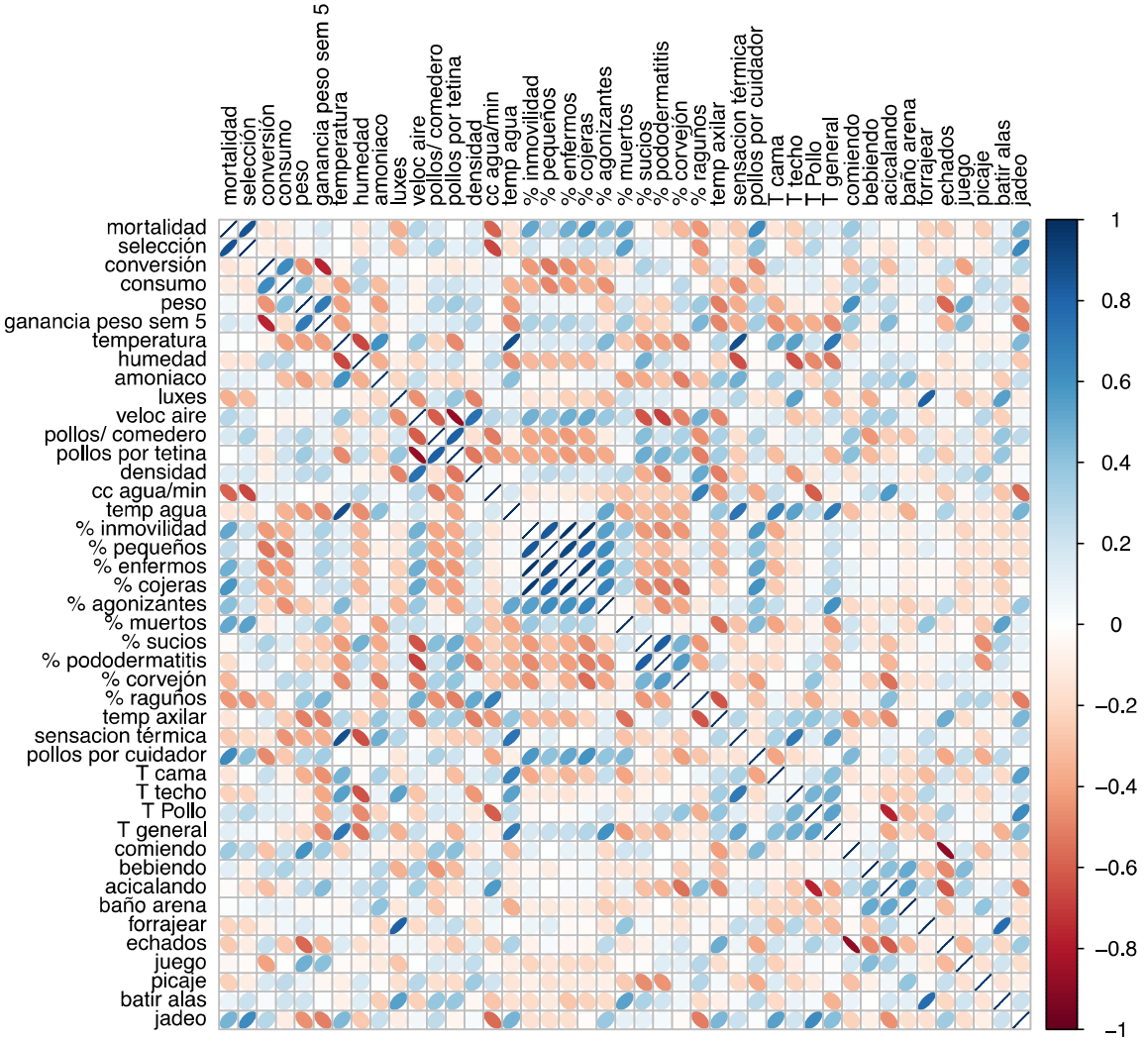


Fig. 1.5. Coeficientes de correlación de los indicadores estudiados durante la quinta semana de vida

En el caso de la densidad se observó correlación positiva con el peso corporal, consumo de alimento, conversión alimenticia y correlación negativa con la humedad relativa ambiental, el porcentaje de selección, los pollos por criadora y los comportamientos de forrajeo y juego.

La asociación entre los pollos por criadora fue positiva para los comportamientos de juego y picaje y negativa para el porcentaje de mortalidad, conversión alimenticia, consumo de alimento, peso corporal, densidad y pollos por cuidador. Fue posible observar asociación negativa entre el flujo de agua en el bebedero y el comportamiento de beber y positiva con el porcentaje de selección y la humedad relativa ambiental.

La asociación entre la temperatura del agua y la sensación térmica, la temperatura del techo y paredes y los comportamientos de picaje y jadeo fue positiva, lo que indica que si aumenta la temperatura del agua se puede observar un aumento en estas variables.

El porcentaje de inmovilidad, de pollos pequeños, enfermos, con cojeras, agonizantes, muertos con pododermatitis y lesiones en el corvejón se asociaron positivamente entre sí y con el porcentaje de mortalidad, temperatura corporal y con el comportamiento de permanecer echados.

Los comportamientos naturales estudiados que mostraron asociación negativa entre sí fueron comer y permanecer echados, beber y permanecer echados, jadear y acicalarse. Y los que mostraron asociación positiva fueron: baño de arena y acicalarse y forrajear y batir alas.

3. Análisis de componentes principales

3.1. Primera semana

Las variables estudiadas se agruparon en los siguientes grupos: ambiental, salud, alojamiento, productivo y de comportamiento, de acuerdo con el grado de correlación y su relación biológica (Cuadro 1.7).

A cada grupo de indicadores se le realizó un análisis multivariado de componentes principales. Las variables: rasguños, termografía de techo, paredes y termografía de cada pollo se excluyeron del análisis de la primera semana de vida debido a la falta de datos, poca o nula correlación o porque no cumplieron con los supuestos de normalidad o independencia. Sin embargo; si se incluyeron en el análisis de la quinta semana de edad.

Cuadro 1.7. Agrupación de los indicadores para el análisis de componentes principales.

Ambientales	Salud	Alojamiento	Productivas	Comportamiento
Temperatura ambiental	Porcentaje de inmovilidad	Pollos por comedero	Peso corporal	Comer
Humedad relativa ambiental	Porcentaje de pollos pequeños	Pollos por tetina	Ganancia de peso diaria	Beber
Intensidad lumínica	Porcentaje de pollos enfermos	Densidad de recibo	Conversión alimenticia	Jugar
Sensación térmica	Porcentaje de pollos agonizantes	Pollos por criadora	Consumo acumulado	Batir alas
Termografía de la cama	Porcentaje de pollos muertos	Caudal de agua del bebedero		Acicalarse
Termografía del espacio de recibo	Porcentaje de pollos sucios	Pollos por criadora		Baño de arena
Concentración de amoníaco	Porcentaje de lesiones en el corvejón	Pollos por cuidador		Forrajear
Velocidad del aire	Temperatura corporal	Temperatura del agua		Echarse
	Porcentaje de mortalidad acumulada			Picaje
	Porcentaje de selección			Jadeo
	Porcentaje de cojeras			
	Porcentaje de lesiones por pododermatitis			
	Porcentaje de rasguños			
	Temperatura corporal			

La extracción de componentes principales del grupo de variables productivas y el porcentaje de la varianza explicada por cada componente se muestra en la Fig. 6. El componente 1 explicó el 73,10% de la varianza, en conjunto el componente 1 y 2 explicaron el 93,28% de la varianza observada. El componente 1 se denominó CP productivo e incluyó las variables de peso corporal, ganancia de peso y consumo de alimento acumulado. La conversión alimenticia se excluyó debido a que no fue significativa en la prueba de esfericidad o de KMO-Barnett.

En el grupo de variables de salud, los dos primeros extraídos explicaron el 82,47% de la varianza observada, el componente 1 explicó el 49,89% y el segundo

componente explicó el 32,58% de la varianza (Fig. 1.8). El CP salud 1 se denominó enfermedad e incluyó las variables de porcentaje de mortalidad acumulada, porcentaje de inmovilidad, de pollos enfermos, agonizantes, muertos y el porcentaje de cojeras.

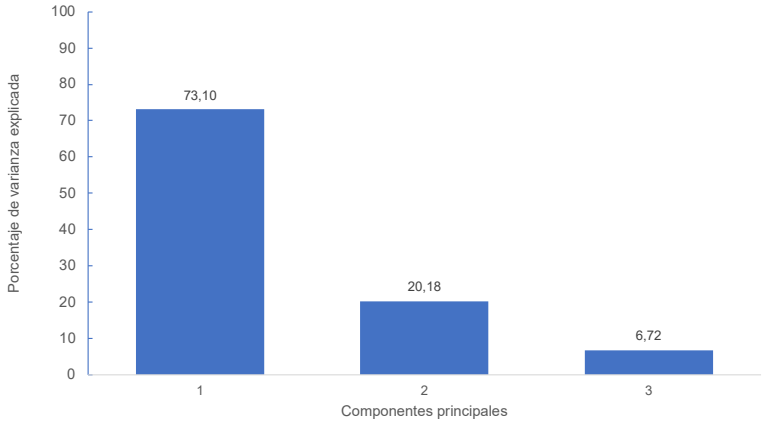


Fig.1.6. Porcentaje de la varianza explicada por cada componente rotado de los indicadores de producción

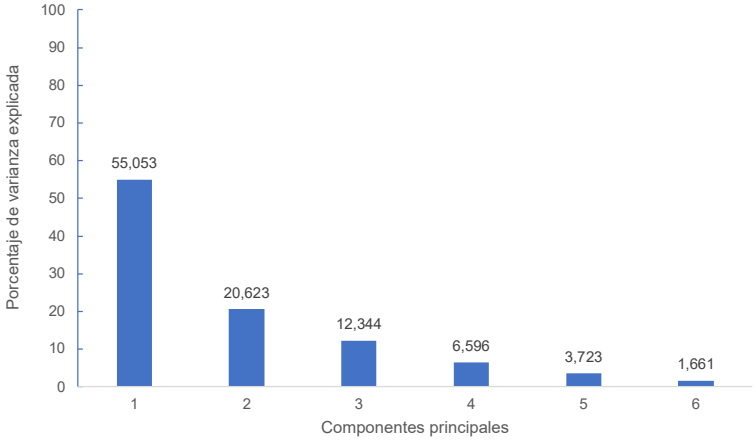


Fig.1.7. Porcentaje de la varianza explicada por cada componente rotado de los indicadores de alojamiento

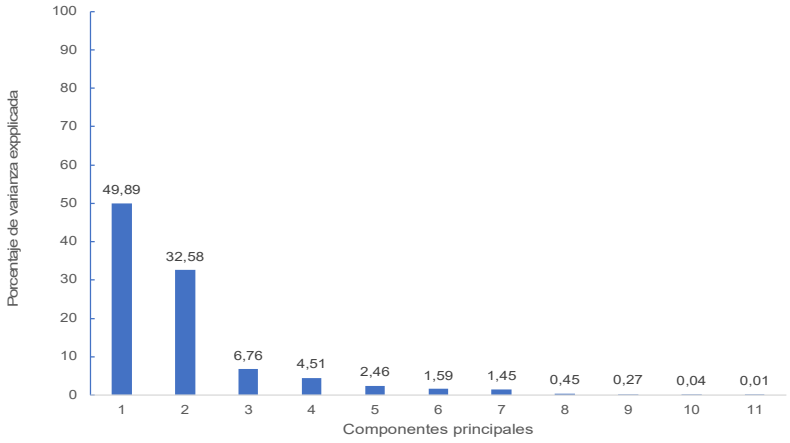


Fig.1.8. Porcentaje de la varianza explicada por cada componente rotado de los indicadores de salud

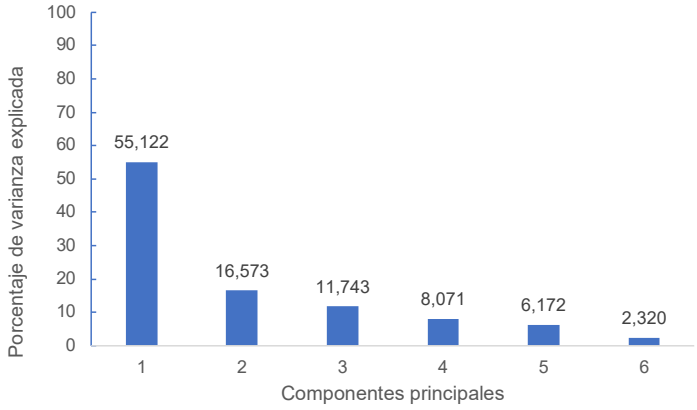


Fig.1.9. Porcentaje de la varianza explicada por cada componente rotado de los indicadores de comportamiento

Estas variables describen la ausencia de salud. El CP salud 2 se denominó integridad piel y patas y agrupó las variables de porcentaje de selección acumulada, porcentaje de pollos sucios, de pododermatitis, de lesiones en el corvejón y la temperatura corporal, variables relacionadas con la condición de la piel y patas. La variable porcentaje de pollos pequeños se excluyó por insuficiencia de muestreo.

En el grupo de variables de alojamiento, el componente 1 explicó el 55% de la varianza observada y se denominó CP 1 densidad, el segundo componente principal explicó el 20,62% de la varianza y se denominó CP 2 recursos. Los componentes 1 y 2 explicaron el 75, 67% de la varianza observada total (Fig. 1.7). El CP 1 densidad, agrupó las variables cantidad de pollos por comedero, pollos por tetina y densidad de pollos por metro cuadrado, este componente abarcó variables relacionadas con densidad, tanto en espacio de piso como de comedero y bebedero.

El CP 2 recursos incluyó las variables de pollos por criadora, flujo de agua en el bebedero y cantidad de pollos por cuidador. Este componente agrupó variables relacionadas con los recursos con los que cuenta la galera incluido el recurso humano, de calefacción y de agua. La temperatura del agua se excluyó debido a que no resultó significativa en la prueba de esfericidad o de KMO-Barnett.

El análisis de componentes principales del grupo de variables de comportamiento se muestra en la Fig. 1.9. El componente 1 explicó el 55% de la varianza total observada y se denominó CP comportamiento. Este componente agrupó los comportamientos de baño de arena, beber, forrajear, comer, batir alas y acicalarse. Las variables picaje, juego, echados y jadeo se excluyeron del análisis debido a insuficiencia de muestreo.

El análisis de componentes principales del grupo de variables ambientales se muestra en la Fig. 1.10. El componente 1 explicó el 62,94% de la varianza total observada y se denominó CP ambiental. Este componente incluyó las variables temperatura ambiental, intensidad lumínica, sensación térmica, temperatura de la cama y termografía general del espacio de recibo. La velocidad del aire, la humedad relativa ambiental y la concentración de amoníaco se excluyeron del análisis debido a insuficiencia de muestreo.

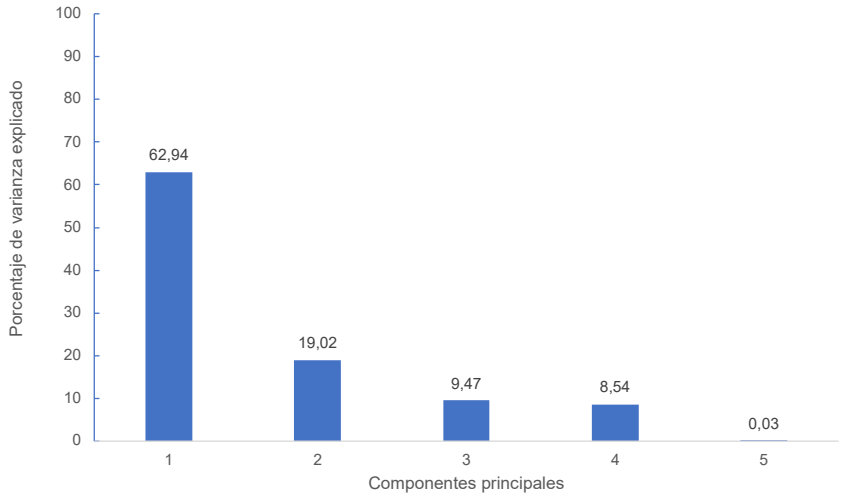


Fig. 1.10. Porcentaje de la varianza explicada por cada componente rotado de los indicadores ambientales.

3.2. Quinta semana

Para el análisis de componentes principales de la quinta semana de los pollos, las variables se agruparon de la misma forma que para el análisis de la primera semana de vida. Se estudiaron las mismas variables y se agregó el porcentaje de rasguños al grupo de salud y las temperaturas termográficas del techo y de cada pollo al grupo de variables ambientales.

La Fig.1.11 muestra el porcentaje de la varianza explicada por los componentes principales que se extrajeron del grupo de variables productivas, evaluadas durante la quinta semana de los pollos. El componente 1 explicó el 76,2% de la varianza y se denominó CP productivo e incluyó las variables peso corporal, ganancia de peso y conversión alimenticia. En conjunto el componente 1 y 2 explicaron el 94,74% de la varianza observada en este grupo de variables. El consumo de alimento no fue considerado dentro del componente debido que no resultó estadísticamente significativo en la prueba de esfericidad o de KMO-Barnett, a diferencia de la primera semana de vida, donde si fue considerado y donde fue excluida la conversión alimenticia.

En el grupo de variables de salud, los dos primeros componentes principales en conjunto explicaron el 99,75% de la varianza asociada a este grupo (Fig. 1.12). El componente 1, se denominó CP1 enfermedad y explicó el 64,80% de la varianza observada, incluyó las variables de porcentaje de pollos pequeños, enfermos, inmóviles y el porcentaje de cojeras, todas asociadas a lesiones observadas en los

animales. El componente 2 se denominó CP2 integridad de piel y patas, explicó el 34,95% de la varianza y agrupó las variables de porcentaje de pollos sucios, porcentaje de pododermatitis y porcentaje de lesiones en el corvejón, indicadores asociados a la integridad de la piel. Las variables porcentaje de selección y de mortalidad, la temperatura corporal, el porcentaje de pollos agonizantes, muertos, rasguños y temperatura corporal se excluyeron del análisis por falta de correlación.

En la Fig. 1.13 se puede observar el porcentaje de la varianza explicada por los componentes principales del grupo de variables de alojamiento. En conjunto los dos primeros componentes principales explicaron el 82% de la variación observada. El componente principal 1 explicó el 59,70 % de la variación observada e incluyó las variables de cantidad de pollos por comedero, cantidad de pollos por cuidador, el caudal de agua del bebedero y la cantidad de pollos por bebedero. Las variables densidad y temperatura del agua no se consideraron en el análisis por carencia de significancia en la prueba de esfericidad.

En el grupo de variables ambientales, los dos primeros componentes principales explicaron en conjunto el 73,81% de la varianza observada (Fig. 1.14). El componente 1 explicó el 56,13% de la varianza y se denominó CP1 sensación térmica e incluyó las variables termografía de techo, sensación térmica y termografía de la entrada. El componente 2 explicó el 17,68% de la varianza y se designó como condición ambiental e incluyó las variables termografía de la cama, concentración de amoníaco, temperatura ambiental y humedad relativa ambiental.

Se excluyeron del análisis las variables de intensidad de luz y velocidad del aire por falta de correlación.

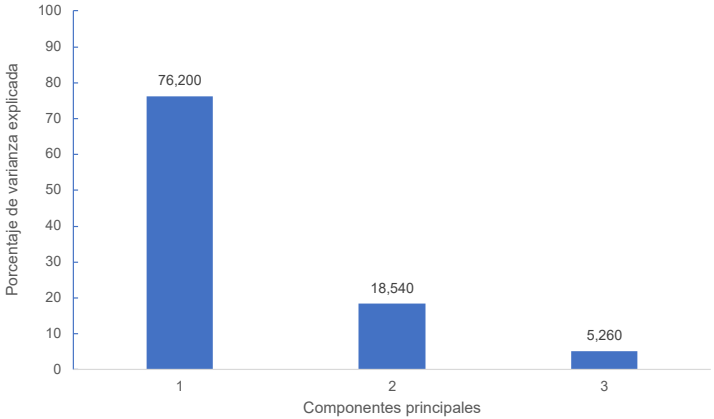


Fig. 1.11. Porcentaje de la varianza explicada por cada componente rotado de los indicadores de producción

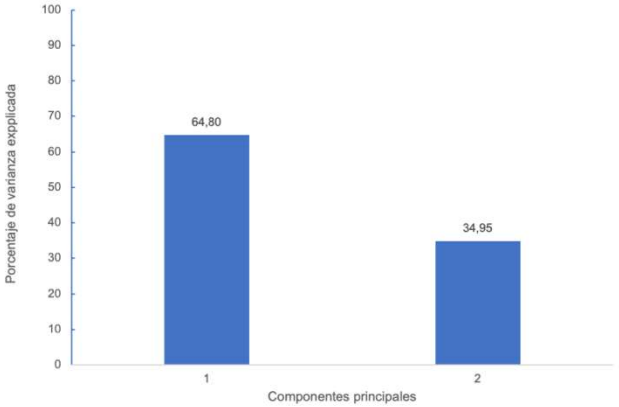


Fig. 1.12. Porcentaje de la varianza explicada por cada componente rotado de los indicadores de salud

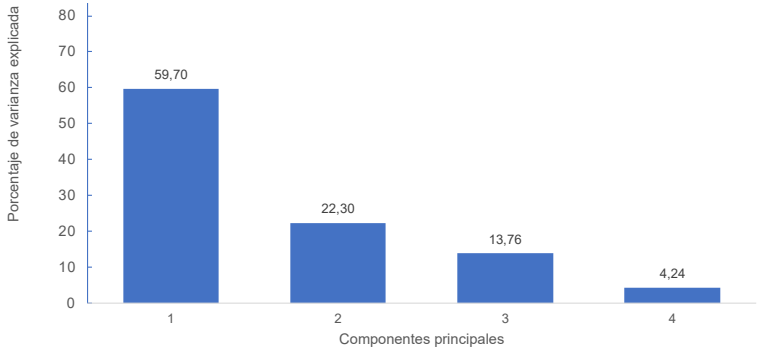


Fig. 1.13. Porcentaje de la varianza explicada por cada componente rotado de los indicadores de alojamiento

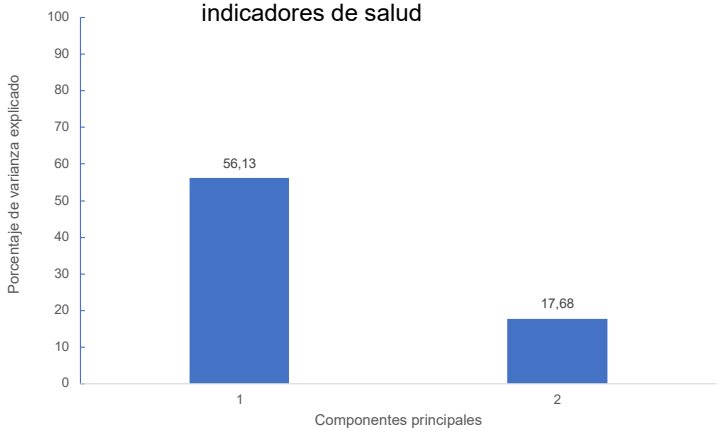


Fig. 1.14. Porcentaje de la varianza explicada por cada componente rotado de los indicadores ambientales

Los componentes 1 y 2 explicaron el 71,5% de la varianza observada en el grupo de variables de comportamiento. El componente 1 explicó el 52,27% de la varianza (Fig. 1.15) e incluyó las variables acicalarse, beber, baño de arena, echados y juego, las demás variables fueron excluidas del análisis.

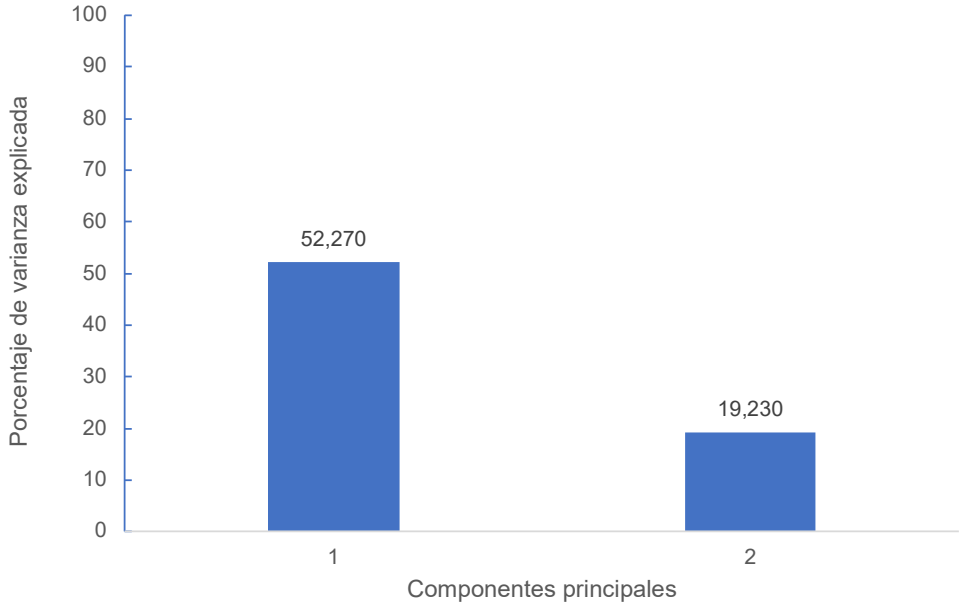


Fig. 1.15. Porcentaje de la varianza explicada por cada componente rotado de los indicadores de comportamiento

4. Resumen de la carga factorial

4.1. Primera semana

La carga factorial es el medio para interpretar la función que cada variable desempeña dentro de cada componente principal. El análisis mostró que los indicadores peso corporal, porcentaje de pollos enfermos, lesiones en el corvejón, cantidad de pollos por comedero, cantidad de pollos por criadora, temperatura ambiental y baño de arena fueron las variables que mostraron mayor contribución dentro de los componentes seleccionados de cada grupo de variables (Cuadro 1.8).

4.2. Quinta semana

En la quinta se semana de vida (Cuadro 1.9) las variables que mostraron mayor contribución a los componentes principales fueron la ganancia de peso, el porcentaje de pollos pequeños, el porcentaje de pollos sucios, la cantidad de pollos por comedero, temperatura termográfica del techo de las galeras, temperatura termográfica de la cama y el comportamiento de acicalarse.

Cuadro 1.8. Resumen de la carga factorial de las variables dentro de cada componente principal (CP) en la primera semana de vida de los pollos.

CP productivo		CP salud 1 Enfermedad		CP salud 2 Integridad piel y patas		CP alojamiento 1 Densidad		CP alojamiento 2 Recursos		CP ambiental		CP comportamiento	
Variable	Ptos	Variable	Ptos	Variable	Ptos	Variable	Ptos	Variable	Ptos	Variable	Ptos	Variable	Ptos
Peso corporal	0,424	Enfermos	0,967	Lesiones en corvejón	0,929	Pollos /comedero	0,912	Pollos por criadora	0,318	Temperatura ambiental	0,949	Baño de arena	0,839
Ganancia de peso diaria	0,395	Cojeras	0,949	Pododermatitis	0,836	Densidad	0,831	Caudal de agua	0,182	Sensación térmica	0,948	Beber	0,748
Consumo alimento	0,346	Muertos	0,945	Selección	0,834	Pollos por tetina	0,724	Pollos por cuidador	-0,855	Termografía del espacio de recibo	0,792	Forrajear	0,745
		Mortalidad	0,925	Temperatura cloacal	0,756					Termografía de la cama	0,678	Comer	0,724
		Inmovilidad	0,910	Sucios	0,644					Intensidad lumínica	0,511	Batir alas	0,699
		Agonizantes	0,861									Acicalarse	0,690

Ptos: puntuación

Cuadro 1.9. Resumen de la carga factorial de las variables dentro de cada componente principal (CP) en la quinta semana de vida de los pollos.

CP productivo		CP salud 1 Enfermedad		CP salud 2 Integridad de la piel y patas		CP alojamiento		CP ambiental 1 Sensación térmica		CP ambiental 2 Condición ambiental		CP comportamiento	
Variable	Ptos	Variable	Ptos	Variable	Ptos	Variable	Ptos	Variable	Ptos	Variable	Ptos	Variable	Ptos
Ganancia de peso diaria	0,416	Pequeños	0,329	Sucios	0,430	Pollos/ comedero	0,356	Termografía techo	0,389	Termografía de la cama	0,559	Acicalarse	0,308
Peso corporal	0,357	Enfermos	0,306	Pododermatitis	0,428	Pollos /cuidador	0,356	Sensación térmica	0,231	Concentración amoníaco	0,401	Beber	0,302
Conversión alimenticia	-0,371	Inmovilidad	0,274	Lesiones corvejón	0,355	Caudal de agua	-0,314	Termografía entrada	0,141	Temperatura ambiental	0,231	Baño de arena	0,258
		Cojeras	0,231			Pollos/tetina	0,224			Humedad relativa ambiental	0,158	Echados	-0,295
												Juego	0,207

Ptos: puntuación

5. Matrices de componentes rotados

5.1. Primera semana

De los grupos de variables de salud y de alojamiento se extrajeron 2 componentes que fueron rotados mediante el método de varimax para una mejor interpretación de las asociaciones entre las variables de cada componente. Los dos componentes extraídos del grupo de las variables de alojamiento se agruparon y se relacionaron entre sí en el grupo de variables relacionadas con densidad (CP1) y en otro grupo de variables relacionadas con la disponibilidad de recursos (CP2) como el humano (pollos por cuidador), el agua (flujo de agua) y la calefacción (pollos por criadora).

Las variables del componente densidad mostraron alta correlación entre sí y con el componente, se encontraron cercanas a 1. Las variables flujo de agua (cc/min) y pollos por criadora mostraron fuerte asociación entre sí, pero intermedia con el CP recursos. La cantidad de pollos por cuidador mostró poca correlación con las otras variables, pero fuerte asociación con el CP recursos, se mostró cercano a 1.

Los dos componentes extraídos del grupo de las variables de salud se agruparon y se relacionan entre sí en un grupo de variables relacionadas con la presencia de enfermedad (CP1). Las variables del componente 2 de salud se agruparon en el conjunto de variables de lesiones asociadas a la integridad de la piel y de las patas. Las variables de ambos componentes CP1 enfermedad y CP2 integridad de

piel y patas mostraron fuerte asociación entre sí y con el componente al que pertenecen.

Este análisis permitió realizar una clasificación para las granjas de acuerdo con las variables asociadas a cada CP. Tal como muestra la Fig. 1.16**,** el 60% de las granjas mostró poca enfermedad y buena integridad de la piel, el 26, 6% exhibió poca enfermedad, pero menor integridad de piel y patas. Solamente una de las granjas presentó más enfermedad y menor integridad de la piel.

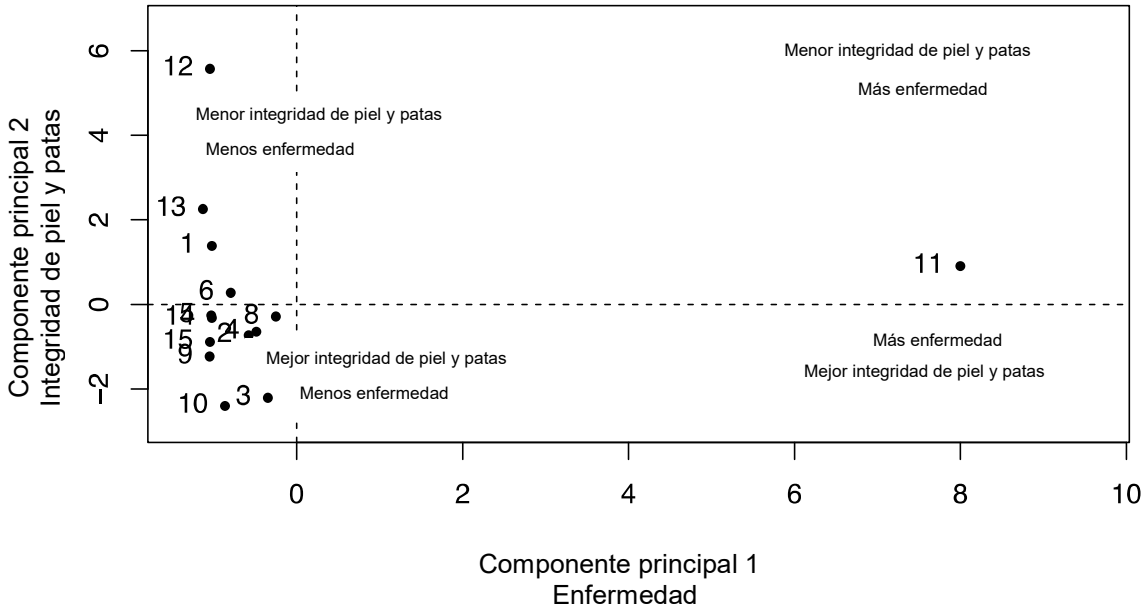


Fig.1.16. Ubicación de las 15 granjas evaluadas durante la primera semana de vida de acuerdo con los componentes principales de salud.

5.2. Quinta semana

En la quinta semana de vida se extrajeron dos componentes rotados de los grupos de salud y de ambiente. En el grupo de salud, el componente 1 incluyó las variables relacionadas con enfermedad y el componente 2 con la integridad

de piel y patas. Para el grupo de variables de ambiente el componente 1 incluyó las variables relacionadas con la sensación térmica y el componente 2 las variables relacionadas con las condiciones ambientales de la galera.

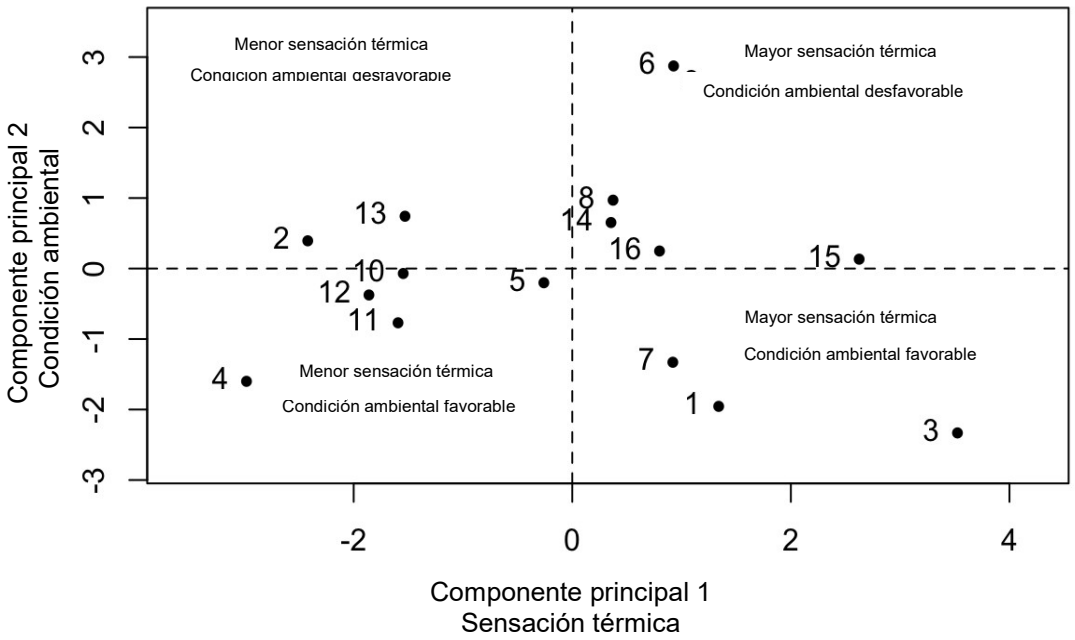


Fig. 1.17. Ubicación de las 16 granjas evaluadas durante la quinta semana de vida con respecto a los componentes principales de ambiente.

De acuerdo con los resultados, el 31,25% (5 granjas) de las 16 evaluadas, presentaron buena sensación térmica y un ambiente favorable (Fig. 1.17). El 12,5% (2 granjas) mostraron buena sensación térmica y un ambiente desfavorable. Seis granjas (37,5%) mostraron mayor sensación térmica y condiciones ambientales desfavorables. El 18,75% de las granjas se calificaron como de condición ambiental favorable y mayor sensación térmica.

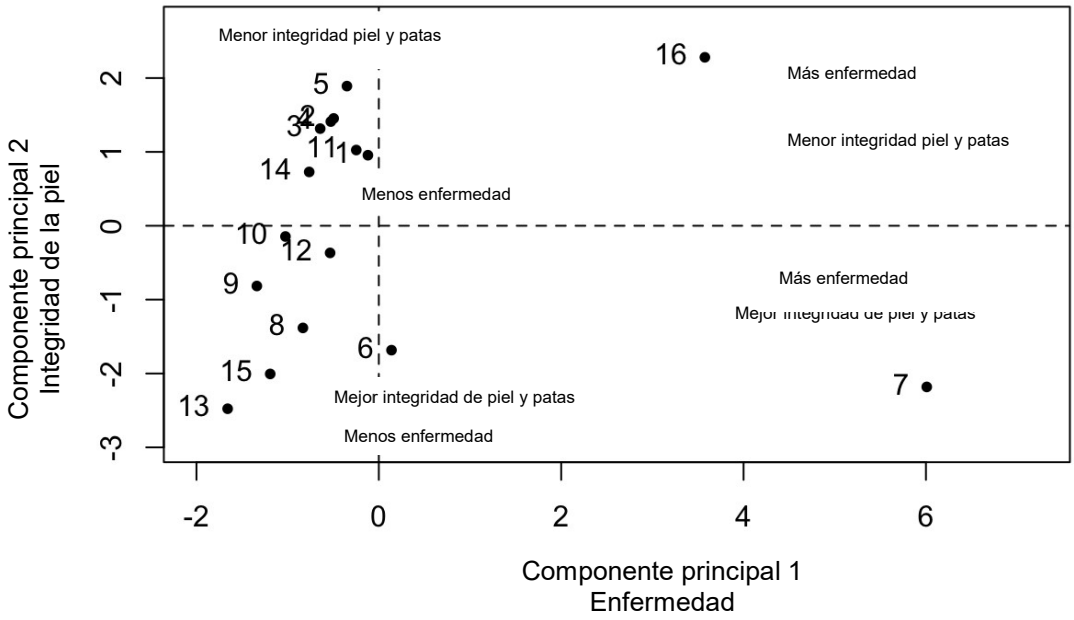


Fig.1.18. Clasificación de las 16 granjas evaluadas, durante la quinta semana de vida con respecto a los componentes principales de salud.

Como se observa en la Fig. 1.18, el 37,5% de las granjas (6) mostraron buenas condiciones de salud: mejor integridad de piel y patas y menos enfermedad. En el 43,75% de las granjas (7) se observó menos enfermedad, pero menor integridad de piel y patas. Solamente una granja se clasificó con malas condiciones de salud: más enfermedad y menor integridad de piel y patas. En dos granjas se observó más enfermedad, pero mejor integridad de piel y patas.

6. Efecto de los componentes principales sobre el bienestar de los pollos

6.1. Primera semana

En el Cuadro 1.10 se muestra el resumen de las regresiones lineales simples utilizadas para describir la relación entre los componentes principales y los indicadores de bienestar animal. El CP salud 2 (integridad de piel y patas) explicó

significativamente (p<0,006) el 58,5% de la variación observada en el CP de comportamiento (r^2ajus= 0,585). Es posible esperar un efecto de 1,56 de aumento en el CP de comportamiento por cada unidad de aumento en el CP de salud 2. El estimador (1,56) se encuentra en un intervalo de confianza de 0,587-2,532, el cual es amplio y se podría explicar debido al tamaño pequeño de muestra.

El CP de producción explicó significativamente (p<0,000) el 85,7% de la variación observada en el consumo de alimento. Sin embargo, en este caso el componente de producción incluye la variable de consumo de alimento. El CP de comportamiento logró explicar significativamente (p<0,019) el 45,7% de la variación observada en la temperatura cloacal. Por cada unidad de aumento en el CP comportamiento es posible observar 0,23 °C de aumento en la temperatura corporal de los pollitos.

En el caso de las cojeras, el CP comportamiento logró explicar significativamente (p<0,032) el 39,1% de la variabilidad observada.

En el análisis de regresión lineal múltiple (Cuadro 1.11) fue posible observar que el modelo que incluyó los CP de producción y CP salud 1 explicó significativamente (p<0,001) un 98% de la varianza observada en la ganancia de peso semanal. El CP de producción incluyó la variable ganancia de peso por lo que no debería ser considerado, sin embargo; solo si el modelo incluye el CP producción incorpora también el CP de salud 1, el cual aumentó un 8% de la explicación de la variación observada en la ganancia de peso. Esto sugiere que un posible aumento en el

tamaño de muestra podría explicar mejor el efecto del CP salud 1 sobre la ganancia de peso. Donde por cada aumento de una unidad en el CP de salud 1 disminuye en 0,5 gr la ganancia de peso.

El mismo efecto se observó con el modelo que incluyó el CP de producción y el CP de salud 2 ($p<0,000$). La inclusión del CP salud 2 aumentó en 2% la explicación de la varianza en el peso corporal de los pollitos ($p<0,000$). Un efecto similar se observó en el modelo que incluyó el CP de salud 2 y el CP de producción, debido a que el CP de salud incluye la variable pododermatitis, sin embargo; cuando el modelo considera ambos componentes es posible explicar el 75,3% de la variabilidad observada en el porcentaje de lesiones por pododermatitis.

Cuadro 1.10. Resumen de las regresiones lineales simples utilizadas para describir la relación entre los componentes principales (CP) y los indicadores de bienestar animal de la primera semana de vida de los pollos.

Modelo	Indicador de bienestar (dependiente)	R^2	R^2 ajust	Intercepto	Estimador (β)	Error estándar	Ecuación	Intervalo de confianza 95%	valor de p
CP salud 2	CP comportamiento	0,631	0,585	0,48	1,560	0,573	y=0,48+1,56x	0,587-2,532	0,006
CP producción	Consumo alimento	0,873	0,857	166,70	19,356	8,534	y=166,7+19,35x	13,344-25,368	0,000
CP comportamiento	Temperatura cloacal	0,517	0,457	41,025	0,234	0,213	y=41,02+0,234x	0,050-0,418	0,019
CP comportamiento	Cojeras	0,458	0,391	0,066	0,085	0,088	y=0,066+0,085x	0,010-0,161	0,032

La inclusión del CP de producción en el modelo aumentó en un 19% la explicación de la variabilidad observada en el porcentaje de pododermatitis. El CP producción participa en casi la mitad del pronóstico del porcentaje de pododermatitis de lo que representó el CP de salud 2.

El modelo que incluyó el CP de comportamiento y el CP de alojamiento 1 explicó significativamente ($p<0,000$) el 68% de la variación observada en el porcentaje de mortalidad acumulada. Por cada aumento de una unidad en las variables que componen el CP de comportamiento fue posible observar un aumento de 2,24% en la mortalidad acumulada y por cada aumento de una unidad en el CP de alojamiento 1 es posible observar un aumento de 1,19% en la mortalidad acumulada.

También el modelo que incluyó el CP de alojamiento 1 y el CP de salud 1 explicó significativamente ($p<0,003$) el 85,5% de la variación observada en el porcentaje de selección de los pollitos. Por cada aumento de una unidad en las variables que componen el CP alojamiento 1 fue posible observar una disminución de 0,3% en el porcentaje de selección y por cada aumento de una unidad en el CP de salud 1 fue posible observar un aumento de 0,17% en el porcentaje de selección.

En el caso de la prueba de comportamiento denominada objeto novedoso, fue posible observar que el modelo que incluyó la concentración de amoníaco y el porcentaje de humedad relativa ambiental logró explicar significativamente ($p<0,010$), el 68% de la variación observada en la prueba de objeto novedoso. Por

cada aumento de una ppm en la concentración de amoníaco es posible observar un aumento de 0,60 en la prueba de objeto novedoso y por cada aumento de 1% en la humedad relativa ambiental es posible observar una disminución de 0,41 en la prueba de objeto novedoso.

Para evaluar el efecto de las variables individuales dentro de cada componente principal sobre las variables de bienestar animal, se realizaron regresiones lineales simples con los componentes principales que previamente mostraron efecto significativo sobre las variables de bienestar. Para este análisis se excluyeron del componente las variables que fueron evaluadas como variables dependientes o de bienestar.

Se evaluó el efecto individual del porcentaje de mortalidad, de la ganancia de peso, el peso corporal, el comportamiento de baño de arena y comportamiento de comer como variables individuales de cada componente principal sobre las variables de bienestar animal (Cuadro 1.12).

Cuadro 111. Resumen de las regresiones lineales múltiples utilizadas para describir la relación de los componentes principales (CP) y de otras variables regresoras con los indicadores de bienestar animal de la primera semana de vida de los pollos.

Modelo	Variable de bienestar	β estándar	R^2	R^2 ajustado	Intercepto	Estimador (β)	Error estándar	Ecuación	Intervalo de confianza 95%	Valor de p
CP producción	Ganancia de peso	0,920	0,913	0,902	19,677	2,061	0,765	19,7+2,06x-0,553x	1,810-2,311	0,000
CP salud 1		-0,270	0,985	0,980		-0,553	0,343		-0,782-0324	0,001
CP producción	Peso corporal	0,997	0,958	0,953	184,326	15,668	3,710	184,3+15,69x+5,70x	13,705-17,631	0,000
CP salud 2		0,151	0,981	0,975		5,705	2,697		0,976-10,433	0,000
CP comportamiento	Mortalidad acumulada	0,781	0,533	0,475	2,118	2,245	1,853	2,12+1,192x+1,456x	9,947-3,543	0,016
CPalojamiento 1		0,466	0,748	0,676		1,192	1,456		0,038-2,347	0,008
CPalojamiento 1	Porcentaje de selección	-0,949	0,547	0,490	0,621	-0,315	0,237	0,621-0,315x+0,237x	-0,420-0,209	0,014
CP salud 1		0,619	0,887	0,855		0,172	0,126		0,083-0,261	0,003
CP salud 2	Pododermatitis	0,829	0,597	0,547	40,128	25,236	9,281	40,13+25,24x+5,85	13,23-37,24	0,002
CP producción		0,463	0,808	0,753		5,849	6,845		0,87-10,83	0,027
Concentración de amoníaco	Prueba objeto novedoso	0,601	0,357	0,292	28,62	0,601	5,49	28,62+ 0,60x-0,41x	0,26-0,94	0,040
Humedad relativa ambiental		-0,411	0,703	0,637		-0,411	3,93		-0,70-0,12	0,010

El porcentaje de mortalidad acumulado resultó significativo ($p<0,014$) y explicó el 36% de la varianza observada en el CP de comportamiento. Por cada aumento de una unidad en la mortalidad es posible observar 0,29 de aumento en el CP que agrupa las variables de comportamiento.

La ganancia de peso explicó significativamente ($p<0,001$) el 53% de la varianza observada en el peso corporal a los 7 días de edad. Por cada aumento de un gramo en la ganancia de peso es posible observar 4,4 gr de aumento en el peso corporal acumulado a los 7 días de edad. Un efecto similar se observó con el peso corporal sobre el consumo de alimento. El peso corporal explicó significativamente ($p<0,018$) el 29% de la varianza observada en el consumo de alimento.

El comportamiento de baño de arena explicó significativamente ($p<0,000$) el 68% de la varianza en el porcentaje de mortalidad y el comportamiento de comer explicó ($p<0,029$) el 28% de la varianza en la temperatura corporal. Por cada aumento de 1% en el comportamiento de comer es posible observar un aumento de 0,05 °C en la temperatura corporal.

Cuadro 1.12. Resumen de las regresiones lineales simples utilizadas para describir la relación entre variables individuales dentro de cada componente principal y su efecto sobre los indicadores de bienestar animal de la primera semana de vida de los pollos.

Modelo	Componente principal de la variable predictora	Indicador de bienestar (dependiente)	R^2 ajust	Interce pto	Estim dor (β)	Error están dar	Ecuación	Intervalo de confianza 95%	valor de p
(%) Mortalidad	Salud 1	CP comportamiento	0,358	-0,598	0,293	0,8014	y= -0,598 + 0,29x	0,071-0,516	0,014
Ganancia peso	Productivo	Peso corporal	0,526	92,94	4,396	11,030	y= 92,94 + 4,40x	2,060-6,733	0,001
Peso	Productivo	Consumo alimento	0,292	23,52	0,830	19,40	y= 23,52 + 0,83x	0,166-1,493	0,018
Baño de arena	Comportamiento	(%) Mortalidad	0,681	0,47	2,560	1,23	y= 0,47 + 2,56x	1,521-3,601	0,000
Comer	Comportamiento	Temperatura corporal	0,284	40,52	0,051	0,30	y= 40,52 + 0,05x	0,006-0,096	0,029

El modelo no explicó de forma adecuada la varianza observada en las demás variables de respuesta (porcentaje de selección) ni de las demás variables predictoras

6.2. Quinta semana

Durante la quinta semana de edad de los pollos también se evaluó el efecto de los componentes principales y de las variables individuales con mayor carga factorial dentro del componente sobre el bienestar de los pollos.

El Cuadro 1.13 muestra el resumen de las regresiones lineales simples. Fue posible observar que el CP producción explicó significativamente la variación observada en el peso corporal (p<0,000), en la ganancia de peso (p<0,000) y en la conversión alimenticia (p<0,000). El peso corporal explicó el 64% de la variación observada, la ganancia de peso el 90% y la conversión alimenticia el 70%. El CP2 de salud (integridad de piel y patas) explicó significativamente (p< 0,000) el 78% de la variación en el porcentaje de pododermatitis.

El CP 2 de salud (integridad de piel y patas) explicó el 45% de la variabilidad observada (p<0,003) en la prueba de contacto. Por cada aumento de una unidad en el CP2 salud sería posible observar una disminución de 3,65 en la prueba de contacto.

En el modelo de regresión lineal múltiple (Cuadro 1.14) el modelo que incluyó los CP salud 1 y 2 explicó significativamente (p<0,000) el 93% de la variación observada en el porcentaje de cojeras, aunque el CP1 salud (enfermedad) incluyó el porcentaje de cojeras, la inclusión del CP1 salud en el modelo aumentó la explicación de la varianza observada, lo que sugiere que un posible aumento en el

tamaño de muestra podría explicar mejor el efecto de los CP de salud sobre el porcentaje de cojeras. En el caso del modelo que combinó los CP 1 y 2 de ambiente y el CP de alojamiento, logró explicar significativamente ($p<0,046$) el 71% de la variación observada en la prueba de objeto novedoso.

Durante la quinta semana de vida, el porcentaje de pododermatitis logró explicar el 53% de la varianza observada ($p<0,001$) en la prueba de contacto. Por cada aumento de una unidad en el porcentaje de pododermatitis se observó una disminución de 0,27 en la prueba de contacto. La densidad explicó el 40% de la variación observada en la prueba de contacto ($p<0,005$), por cada aumento de una unidad en la densidad fue posible observar un aumento de 1,12 en la prueba de contacto (Cuadro 1.15).

Cuadro 1.13. Resumen de las regresiones lineales simples utilizadas para describir la relación entre los componentes principales (CP) y los indicadores de bienestar animal de la quinta semana de vida de los pollos.

Modelo	Indicador de bienestar (dependiente)	R^2	R^2 Ajust	Intercepto	Estimador (β)	Error estándar	Ecuación	Intervalo de confianza 95%	valor de p
CP producción	Peso corporal	0,665	0,641	2196,62	82,39	60,57	y= 2196,62+ 82,39x	48,85-115,93	0,000
CP producción	Conversión	0,718	0,698	1,50	-0,068	0,011	y= 1,50 – 0,068x	-0,093-0,044	0,000
CP producción	Ganancia peso	0,903	0,896	87,03	8,66	2,93	y= 87,03 + 8,66x	7,04-10,27	0,000
CP salud 2	% Pododermatitis	0,800	0,785	81,25	12,88	6,67	y= 81,25 + 12,88x	9,18-16,57	0,000
CP salud 2	Prueba de contacto	0,490	0,454	16,07	-3,65	3,86	y= 16,07 – 3,65x	-5,79 -1,52	0,003

Cuadro 1.14. Resumen de las regresiones lineales múltiples utilizadas para describir la relación entre los componentes principales (CP) y otras variables dependientes y los indicadores de bienestar animal de la quinta semana de vida de los pollos.

Modelo	Indicador de bienestar	β estandarizado	R^2	R^2 ajustado	Intercepto	Estimador (β)	Error estándar	Ecuación	Intervalo de confianza 95%	Valor de p
CP salud 1	Porcentaje de cojeras	0,874	0,764	0,747	0,623	1,076	0,085	0,623+ 1,076x - 0,513 x	0,891-1,260	0,000
CP salud 2		-0,417	0,938	0,928		-0,513	0,085		-0,697-0,329	0,000
CP ambiente 1	Prueba objeto novedoso	1,308	0,326	0,278	1,458	0,580	1,91	1,46+ 0,58x -0,39x +0,37x	0,54-2,07	0,003
CP ambiente 2		-0,884	0,587	0,523		-0,392	1,56		0,03-1,69	0,035
CP alojamiento		0,828	0,707	0,634		0,367	1,36		0,05-0,02	0,046

Cuadro 1.15. Resumen de las regresiones lineales simples utilizadas para describir la relación entre variables individuales dentro de los componentes principales y su efecto sobre los indicadores de bienestar animal de la quinta semana de vida de los pollos.

Modelo	Indicador de bienestar (dependiente)	R^2 ajust	Intercepto	Estimador (β)	Error estándar	Ecuación	Intervalo de confianza 95%	valor de p
Pododermatitis	Prueba de contacto	0,530	38,14	-0,272	3,58	y= 38,14 - 0,27x	-0,409-0,134	0,001
Densidad	Prueba de contacto	0,404	-2,38	1,120	4,03	y= -2,38 + 1,120x	0,401-1,84	0,005

7. Efecto de las variables categóricas sobre el bienestar animal

7.1. Primera semana

El efecto de la cantidad de polvo en la galera, la calidad de la cama y la presencia de alguna enfermedad durante la evaluación en las granjas se muestra en el Cuadro 1.16. No se observaron diferencias significativas ($p<0,1$) en las variables de bienestar de los pollos con la presencia o ausencia de polvo en las galeras.

Los mayores promedios en la temperatura cloacal, el porcentaje de lesiones por pododermatitis y el porcentaje de cojeras se observaron con la cama húmeda ($p<0,1$). La presencia de pollos enfermos durante la evaluación mostró diferencias significativas ($p<0,1$) en el porcentaje de cojeras, relacionado con casos clínicos de sinovitis y necrosis de cabeza del fémur observados y diagnosticados durante la evaluación.

7.2. Quinta semana

Durante la quinta semana se evaluó el efecto de la cantidad de polvo dentro de la galera, la calidad de la cama, la presencia de enfermedad y el tipo de galera (ventilación natural o ventilación tipo túnel) sobre las variables de bienestar de los pollos como se muestra en el Cuadro 1.17. No se observó efecto significativo ($p<0,1$) de la cantidad de polvo sobre las variables de bienestar animal.

Cuadro 1.16. Pruebas de T para las variables categóricas: cantidad de polvo, calidad de la cama y presencia de enfermedad de la primera semana de vida de los pollos.

Bienestar animal	Cantidad de polvo		Valor de p
Variable de respuesta	Promedio ± D.E		
	Sin polvo	Con polvo	
Peso corporal	178,83 ± 17,54	179,25 ± 13,52	0,966
Consumo acumulado	173,37± 26,47	167,75 ± 7,59	0,520
Conversión alimenticia	0,97± 0,12	0,93 ± 0,06	0,633
Ganancia de peso	19,92 ± 2,93	18,74 ± 2,29	0,479
Porcentaje de mortalidad	1,6 ± 1,13	2,99 ± 3,88	0,527
Porcentaje de selección	0,83 ± 0,57	0,55 ± 0,27	0,376
Temperatura cloacal	41,10 ± 0,35	41,02 ± 0,42	0,719
Porcentaje de cojeras	0,04 ± 0,09	0,12 ± 0,16	0,205
Porcentaje de pododermatitis	48,36 ± 33,17	35,50 ± 20,29	0,390
CP comportamiento	-0,1766 ± 0,94	0,4416 ± 1,14	0,315
Prueba objeto novedoso	5,36 ± 7,14	5,58 ± 3,25	0,954
Prueba de contacto	11,42 ± 5,27	11,50 ± 2,41	0,978
	Calidad de la cama		
	Seca	Húmeda	
Peso corporal	182,38 ± 19,07	175,50 ± 13,09	0,415
Consumo acumulado	170,56 ± 29,10	173,37± 17,22	0,817
Conversión alimenticia	0,93 ± 0,09	0,99 ± 0,13	0,311
Ganancia de peso	19,95 ± 2,40	19,30 ± 3,21	0,653
Porcentaje de mortalidad	1,17 ± 0,94	2,73 ± 2,65	0,138
Porcentaje de selección	0,59 ± 0,35	0,93 ± 0,62	0,196
Temperatura cloacal	40,92 ± 0,29 a	41,25 ± 0,36 b	0,069*
Porcentaje de cojeras	0,005 ± 0,01 a	0,011 ± 0,14 b	0,079*
Porcentaje de pododermatitis	24,50 ± 13,15 a	68,29 ± 26,94 b	0,004*
CP comportamiento	-0,2894 ± 0,62	0,6218 ± 1,32	0,286
Prueba objeto novedoso	4,53 ± 4,28	6,61 ±8,32	0,553
Prueba de contacto	12,67 ± 2,75	9,80 ± 6,10	0,257
	Enfermedad		
	Ausencia	Presencia	
Peso corporal	171,20 ± 21,75	182,45 ± 12,68	0,208
Consumo acumulado	165,70 ± 37,23	174, 82 ± 14,65	0,621
Conversión alimenticia	0,97 ± 0,19	0,95 ± 0,06	0,845
Ganancia de peso	18,45 ± 2,78	20,16 ± 2,71	0,267
Porcentaje de mortalidad	0,87 ± 0,96	2,44 ± 2,30	0,169
Porcentaje de selección	0,82 ± 0,55	0,74 ± 0,52	0,793
Temperatura cloacal	40,95 ± 0,32	41,15 ± 0,37	0,324
Porcentaje de cojeras	0,004 ± 0,006 a	0,08 ± 0,13 b	0,074*
Porcentaje de pododermatitis	34,60 ± 33,53	50,10 ± 28,73	0,367
CP comportamiento natural	-0,49 ± 0,45	0,19 ± 1,11	0,264
Prueba objeto novedoso	4,51 ± 4,33	5,79 ±6 ,91	0,741
Prueba de contacto	14,5 ±1,85	10,22 ± 4,77	0,114

D.E=Desviación estándar Significancia= p<0,1

La calidad de la cama afectó significativamente solamente la prueba del objeto novedoso (p= 0,09), con la cama seca se observó mayor cantidad de pollos que se acercaron al objeto novedoso.

Cuadro 1.17. Pruebas de T para las variables categóricas: cantidad de polvo y calidad de la cama, durante la quinta semana de vida de los pollos.

Bienestar animal	Cantidad de polvo		Valor de p
Variable de respuesta	Promedio ± D.E		
	Sin polvo	Con polvo	
Peso corporal	2179,92 ± 101,61	2192,75 ± 114,79	0,933
Consumo acumulado	3309,50 ± 189,89	3259,50 ± 132,22	0,636
Conversión alimenticia	1,50 ± 0,08	1,49 ± 0,08	0,759
Ganancia de peso	87,03 ± 8,19	87,28 ± 13	0,964
Porcentaje de mortalidad	4,70 ± 1,68	4,26 ± 1,40	0,641
Porcentaje de selección	2,45 ± 1,22	2,31± 0,92	0,838
Temperatura axilar	41,24 ± 0,63	41,10 ± 0,42	0,684
Porcentaje de cojeras	0,76 ± 1,41	0,21 ± 0,10	0,452
Porcentaje de pododermatitis	78,67 ± 14,67	89 ± 11,89	0,226
CP comportamiento	-0,180 ± 0,76	0,539 ± 1,53	0,225
Prueba objeto novedoso	1,11 ± 2,24	2,50 ± 2,23	0,302
Prueba de contacto	16,82 ± 4,89	13,85 ± 6,31	0,342
	Calidad de la cama		
	Seca	Húmeda	
Peso corporal	2184,25 ± 121,29	2209 ± 82,60	0,641
Consumo acumulado	3256,75 ± 126,27	3337,25 ± 213,49	0,374
Conversión alimenticia	1,49 ± 0,06	1,51 ± 0,10	0,636
Ganancia de peso	84,87 ± 10,40	89,31 ± 7,65	0,348
Porcentaje de mortalidad	4,52 ± 1,90	4,66 ± 1,33	0,872
Porcentaje de selección	2,21± 0,98	2,61 ± 1,28	0,496
Temperatura axilar	41,43 ± 0,58	40,98 ± 0,50	0,127
Porcentaje de cojeras	0,96 ± 1,68	0,28 ± 0,38	0,297
Porcentaje de pododermatitis	78 ± 14,15	84,50 ± 14,83	0,385
CP comportamiento	-0,05 ± 0,63	0,05 ± 1,32	0,853
Prueba objeto novedoso	2,46 ± 2, 86a	0,46 ± 0,64b	0,091*
Prueba de contacto	16,20 ± 5,28	15,95 ± 5,52	0,928

D.E=desviación estándar Significancia= p<0,1

La presencia de enfermedad mostró efecto significativo (p<0,1) sobre el porcentaje de selección y sobre la prueba de contacto (Cuadro 1.18). Mayor cantidad enfermos permanecieron cerca del observador durante la prueba de contacto. El porcentaje de pollos de selección aumentó con la presencia de pollos enfermos. El tipo de galera y la prueba de contacto mostraron efectos significativos (p<0,1) en

el porcentaje de pododermatitis y en la prueba de contacto. En las galeras con ventilación natural se observó mayor porcentaje de pollos con pododermatitis y menor cantidad de pollos que se mantuvieron cerca del observador.

Cuadro 1.18. Pruebas de T para las variables categóricas: enfermedad y tipo de galera durante la quinta semana de vida de los pollos.

Bienestar animal	Enfermedad		Valor de p
	Promedio ± D.E		
	Ausencia	Enfermos	
Peso corporal	2193,50 ± 110,47	2198,50 ± 101,15	0,928
Consumo acumulado	3376,17 ± 206,30	3249 ± 142,83	0,167
Conversión alimenticia	1,54 ± 0,09	1,49 ± 0,07	0,142
Ganancia de peso	85,30 ± 8,87	88,16 ± 9,55	0,562
Porcentaje de mortalidad	3,77 ± 0,93	5,08 ± 1,73	0,112
Porcentaje de selección	1,77 ± 0, 59a	2,79 ± 1,21b	0,079*
Temperatura axilar	41,17 ± 0,59	41,22 ± 0,59	0,859
Porcentaje de cojeras	0,14 ± 0,12	0,92 ± 1,50	0,137
Porcentaje de pododermatitis	86 ± 11,66	78,40 ± 15,68	0,323
CP comportamiento natural	-0,32 ± 0,73	0,19 ± 1,12	0,337
Prueba objeto novedoso	1,61 ± 2,10	1,34 ± 2,44	0,841
Prueba de contacto	12,63 ± 4, 46a	18,14 ± 4,66b	0,036*
	Tipo de galera		
	Ventilación natural	Ventilación tipo túnel	
Peso corporal	2212,86 ± 104,76	2184 ± 102,51	0,589
Consumo acumulado	3333,86 ± 138,37	3268,33 ± 201,49	0,475
Conversión alimenticia	1,50 ± 0,03	1,50 ± 0,10	0,837
Ganancia de peso	86,82 ± 7,46	87,30 ± 10,67	0,921
Porcentaje de mortalidad	3,97 ± 0,99	5,08 ± 1,84	0,172
Porcentaje de selección	1,95 ± 0,57	2,77 ± 1,34	0,154
Temperatura axilar	41,33 ± 0,44	41,11 ± 0,67	0,451
Porcentaje de cojeras	0,18 ± 0,13	0,97 ± 1,59	0,174
Porcentaje de pododermatitis	90 ± 10,97 a	74,44 ± 13,40b	0,026*
CP comportamiento natural	0,029 ± 1,32	-0,023 ± 0,75	0,922
Prueba objeto novedoso	2,57± 3,09	0,59 ± 0,66	0,144
Prueba de contacto	11,91 ± 3, 65a	19,31 ± 3,65b	0,001*

D.E=desviación estándar Significancia= p<0,1

Discusión

1. Análisis descriptivo

La evaluación realizada al final de la primera semana de vida de los pollos permitió estudiar las condiciones que afectan el inicio del proceso de crianza en la granja y las condiciones acumulativas del proceso de incubación (almacenamiento y calidad del huevo, presencia de bacterias, temperatura y humedad del proceso, manipulación, transporte, duración de la ventana de nacimiento) las cuales son críticas en el desarrollo y bienestar de los pollos de engorde (Giersberg *et al*. 2021).

Las condiciones observadas en este trabajo (porcentaje de selección, de mortalidad y de pollos pequeños) sugieren posibles efectos combinados de las condiciones de incubación mencionadas y de las condiciones ambientales de la granja (van de Ven *et al.* 2009, Cobb Vantress 2015,). El porcentaje de mortalidad más el porcentaje de selección no deben exceder el 1% a los 7 días de edad (Cobb Vantress 2015).

La temperatura ambiental, la calidad del aire, el acceso al agua y al alimento son críticas para el desempeño productivo y el bienestar de los pollitos durante los primeros 15 días de vida, debido a que no son capaces de regular su temperatura corporal adecuadamente (Bell y Weaver 2002) causando la muerte y retraso en el crecimiento (De Jong *et al*. 2017).

Cuando los pollitos sufren de frío permanecen echados para mantener su temperatura corporal, esto provoca acumulación de humedad en la cama bajo sus cuerpos, este factor sumado a aspectos ambientales como la condensación de la humedad del aire (Dunlop *et al.* 2016) en el espacio de recibo de los pollitos, pueden provocar aumento en la presentación de pollos sucios y con lesiones por pododermatitis como las observadas en las granjas evaluadas.

Temperaturas elevadas del agua (22,5 °C-31,5 °C) como las observadas en algunas granjas en este estudio se presentan por el efecto de los sistemas calefacción que se utilizan durante los primeros días de vida; sin embargo, la temperatura del agua reduce el consumo de alimento, por lo tanto, el desempeño y bienestar de los pollitos. Se recomienda que del agua de bebida sea de 18 a 21 °C (Aviagen 2018).

Las evaluaciones al final del período de engorde (quinta semana) se realizaron para identificar posibles indicadores de factores acumulativos o crónicos. Las condiciones ambientales mostraron los datos más elevados (Cuadro 3), el control de la temperatura ambiental y de la humedad relativa es complejo en climas tropicales (Oloyo 2018) y especialmente en galeras con ventilación natural (Aviagen 2017), que carecen de material aislante y que presentan poco control del intercambio de aire (Baracho *et al.* 2018). Estas condiciones provocan altas

temperaturas en las instalaciones como el techo y cama, tal como se observó en este trabajo.

Varios autores Bessei (2006), Muchacka (2010), Olanrewaju *et al.* (2010), Oloyo y Ojerinde (2019) han observado que las condiciones ambientales afectan de forma importante el bienestar de los pollos y que las líneas genéticas modernas de crecimiento rápido muestran mayor sensibilidad al estrés por calor (Muchacka 2010).

Un aspecto de alojamiento que debe ser controlado para asegurar el bienestar es el acceso al agua, el cual comprende entre otros aspectos la cantidad de bebederos, el caudal y la temperatura del agua. El caudal de los bebederos tipo tetina durante la quinta semana de edad de los pollos no debe ser menor a 70 ml por min (Aviagen 2018, Czarick et al. 2020). El caudal promedio observado en las granjas fue de 55 ml por min y el máximo de 80 ml por min durante la quinta semana lo que sugiere poca disponibilidad de agua.

Las lesiones de la piel del corvejón, la suciedad de las plumas y las lesiones por pododermatitis, se observaron en porcentajes altos durante la quinta semana. Estas condiciones afectan el bienestar de los pollos, predisponen a otras lesiones y causan dolor. Tienen como principal factor predisponente la condición húmeda de la cama (Hunter *et al.* 2017), la cual se presentó como una característica frecuente en granjas evaluadas previamente en Costa Rica (Zamora Sanabria *et al.* 2021).

Los rasguños en la parte posterior de los costados son causados por las uñas de los pollos cuando se suben unos sobre otros y su presencia se asocia con factores como estrés, mal emplume, cama húmeda y factores ambientales, la mayoría de ellos observados en este trabajo. Pilecco *et al.* (2011) también describieron porcentajes altos de rasguños durante la quinta semana de edad de los pollos de engorde en Brasil y los asociaron con factores de manejo, genéticos y con el sexo del ave.

Los etogramas mostraron que los pollos permanecieron echados, como principal comportamiento natural, tanto durante la primera como a la quinta semana de edad, similar a lo observado por Lourenço da Silva *et al.* (2021) en pollos de engorde sin enriquecimiento ambiental. Comer y beber fueron los comportamientos activos más observados en la primera semana. Meluzzi y Sirri (2016) mencionan que los pollos de engorde se muestran naturalmente más activos durante las dos primeras semanas de vida y conforme crecen disminuyen su actividad y que, el grado de movimiento está relacionado con la genética, la dieta, el ambiente, la exposición a la luz y la presencia de enfermedades como las cojeras y la pododermatitis.

Durante la quinta semana los pollos también mostraron comportamientos asociados con estrés por calor como jadear y tomar agua. El estrés por calor es uno de los principales problemas de bienestar en pollos de engorde (Bessei 2006) y el comportamiento natural constituye un buen indicador de factores ambientales

adversos (Branco *et al.* 2021). Daghir (2008) también menciona que el jadeo y el aumento en el consumo de agua pueden ser observados en las aves como mecanismos compensatorios para disminuir el efecto del estrés de calor.

2. Análisis de correlación

Debido a que muchos aspectos del bienestar son multifactoriales, es posible demostrar correlaciones entre ellos, como las observadas en este estudio, sin embargo; es difícil en muchos casos establecer su causa y efecto (Manning *et al.* 2007). En este trabajo se discuten solamente las correlaciones que mostraron fuerte asociación (r^2 > 0,6) o intermedia (r^2=0,4-0,6) y significancia (1%). La interpretación de las asociaciones debe ser considerada con cautela debido a que el bienestar animal es el resultado de una serie compleja de interacciones entre la genética, el ambiente, el alojamiento y el manejo (Fraser 1995) especialmente cuando se estudia en poblaciones grandes de animales y a nivel comercial, como en este caso. Tamaños de muestra mayores deben ser considerados en el futuro para identificar relaciones no lineales entre las variables estudiadas.

La fuerte correlación observada entre los porcentajes de mortalidad acumulada semanal y el porcentaje de selección durante la primera y la quinta semana de edad con los porcentajes de lesiones en piel, patas y de pollos enfermos (porcentaje de pollos inmóviles, pequeños, agonizantes, cojeras, muertos, sucios con lesiones de pododermatitis, corvejón y cojeras) fue la esperada y apoya el uso de los porcentajes de mortalidad y selección como indicadores de bienestar

(salud) de acuerdo con recomendado por Manning *et al*. (2007) y OMSA (2016). Abeyesinghe *et al.* (2021), no encontraron correlación entre la mortalidad y las lesiones en piel y patas; sin embargo, su trabajó se realizó en pollos de crecimiento lento y bajo condiciones controladas.

Los porcentajes de mortalidad y de selección mostraron correlaciones intermedias negativas con los recursos como cantidad de criadoras, comederos, flujo de agua, cuidadores y bebederos, con los rendimientos productivos y con la temperatura ambiental. A mayor cantidad de recursos, mejores rendimientos productivos y adecuada temperatura ambiental, menor mortalidad y selección de aves, en ambas edades. Estos resultados refuerzan la importancia de proveer los recursos y el ambiente adecuado para garantizar el bienestar de los pollos y concuerdan con lo descrito recomendado por Bizeray *et al*. (2002), Yassin *et al.* (2009), Purswell *et al.* (2012), Cobb Vantress 2015, Aviagen 2018 y Ávila González *et al*. (2018).

Las condiciones ambientales también mostraron fuerte asociación con los rendimientos productivos tanto en la primera como en la quinta semana. Durante la primera semana los esfuerzos de manejo se enfocan en conseguir la calefacción de los pollitos y el intercambio de aire y en la quinta semana en la disminución de la temperatura y la humedad relativa ambiental. Esto sugiere la importancia del control (Cobb Vantress 2015, Aviagen 2018, Oloyo y Ojerinde 2019) y de la evaluación del ambiente (Jones *et al*. 2005, Manning *et al.* 2007,

Tahamtani *et al.* 2020,) en estos dos momentos de la vida de los pollos y del uso de los rendimientos productivos como indicadores de bienestar (OMSA 2016).

La temperatura corporal mostró fuerte asociación con los porcentajes de mortalidad, de selección, la densidad, los porcentajes de lesiones en piel y patas y con las temperaturas ambientales. La temperatura corporal constituye un indicador fisiológico clave que ha sido ampliamente utilizado y se recomienda como un indicador de bienestar animal pues está muy relacionado con una serie de funciones en el organismo como la nutrición, la reproducción, la actividad corporal, las respuestas al estrés y el mantenimiento de la salud (Sellier *et al*. 2014). Es un indicador fácil de aplicar, pero laborioso pues requiere evaluación individual, sin embargo; el uso de tecnologías como la termografía (Sellier *et al.* 2014) utilizada en este trabajo, podrían contribuir en la evaluación futura de este indicador fisiológico.

La densidad se define como la masa corporal en número de animales o en kilogramos de peso vivo por unidad de espacio de alojamiento (m^2). Altas densidades se han asociado a disminución del desempeño productivo causado por altas temperaturas corporales, humedades relativas, reducido flujo de aire (Karaarslan y Nazlıgül 2018) y humedad de la cama (Dunlop *et al*. 2016). En este trabajo la densidad se correlacionó con la humedad relativa ambiental, con el porcentaje de selección, con los rendimientos productivo durante la quinta semana, con las lesiones en piel y patas y mostró asociación intermedia con la concentración de amoníaco. Bailie *et al.* (2018) observaron un aumento en la

presentación de pododermatitis y otros problemas locomotores en pollos criados en altas densidades (36 kg/m^2).

Las temperaturas del agua de bebida, la cantidad de pollos por tetina y de pollos por comedero se correlacionaron con los rendimientos productivos como se esperaba. Los pollos requieren de amplio acceso a estos recursos para evitar competencia entre ellos, estrés y gasto energético innecesario. La disponibilidad de agua fresca y alimento es básica para el desempeño productivo y el bienestar de los pollos de engorde (Bessei 2006, Ávila González *et al*. 2018).

Las lesiones de piel y patas también mostraron asociación con los recursos (cantidad de pollos por bebedero y comedero), con la intensidad lumínica y con la ganancia de peso. Pal *et al.* (2019) describen la existencia de un efecto de los programas de luz que se usan en pollo de engorde sobre la presentación de pododermatitis en pollos de crecimiento rápido. Disminución en los rendimientos productivos y en la salud fueron descritos por Granquist *et al.* (2019) por efecto de las cojeras asociadas a problemas como pododermatitis, lesiones en el corvejón y pollos sucios.

Los comportamientos de forrajeo, juego, acicalarse, comer, beber y picaje se correlacionaron con los rendimientos productivos, con recursos como pollos por criadora, pollos por tetina y con lesiones en piel y patas en ambas semanas, lo que sugiere que la presentación de estos comportamientos estaría asociada con el buen desempeño de los pollos tal como lo observado por Costa *et al*. (2012). Durante la quinta semana también se observó asociación entre estos

comportamientos con la densidad y los pollos por cuidador. Estos comportamientos se han asociado con comodidad (Appleby *et al*. 2004), motivación (Bracke y Hopster 2006), bienestar (Jacobs *et al.* 2021) y varían entre sistemas en frecuencia, forma, sincronía, extensión y función de acuerdo con la disponibilidad de espacio, de sustratos y de recursos (Appleby *et al.* 2004).

También fue posible observar correlación alta, durante la quinta semana, entre los comportamientos de jadeo, beber y picaje con las condiciones ambientales de las galeras, con la mortalidad y la temperatura corporal, lo que apoya el uso de estos comportamientos como un posible indicador de bienestar, debido que se consideran manifestaciones de la forma en que los pollos enfrentan el medio ambiente (Daghir 2008, Branco *et al*. 2021), resultados similares fueron observados por Costa *et al*. (2012) en reproductores pesados.

Es interesante notar que, durante la quinta semana, la intensidad de luz mostró asociación positiva con los comportamientos de forrajear y de batir las alas, ambos considerados movimientos de comodidad (Appleby *et al.* 2004). Estos hallazgos con consistentes con lo descrito por Aviagen (2010) quien indica que estos comportamientos muestran ausencia de estrés y que disminuyen cuando aumenta la duración de las horas de luz. Pollos expuestos a más de 17 horas de luz muestran menos comportamientos de comodidad y con más de 23 horas de luz pueden incluso desaparecer. Los pollos evaluados en este trabajo experimentaron entre 16 y 18 horas de luz durante la quinta semana de vida.

Una posible asociación humano-animal fue observada en este trabajo durante la quinta semana. La cantidad de pollos por cuidador mostró correlación con el porcentaje de mortalidad y de inmovilidad. La calidad y cantidad de las interacciones entre los humanos y los animales afectan el desempeño y el bienestar de los pollos. (Zulkifli 2013) reporta que el contacto visual regular, de los pollos con los cuidadores, independientemente de la edad, no mostró efecto en la ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y porcentaje de mortalidad en pollos de engorde. Sin embargo, Barnett *et al.* (1994) observaron que el contacto visual regular redujo el comportamiento de evasión en gallinas ponedoras y mejoró la producción de huevos.

3. Análisis de componentes principales

Tradicionalmente la evaluación del bienestar de los animales de granja se ha enfocado en la evaluación de los efectos simples e individuales bajo condiciones experimentales y se ha evitado en gran medida la agrupación de los efectos (Sandøe *et al.* 2019). Sin embargo; el bienestar animal es un concepto multidimensional donde muchos factores se combinan y se relacionan entre sí (Botreau *et al.* 2007) especialmente bajo condiciones de campo (Dawkins y Layton 2012).

En este trabajo el análisis de componentes principales se usó para reducir la dimensión múltiple y compleja de los aspectos que afectan el bienestar de los pollos alojados bajo condiciones comerciales y agruparla en pocas variables o

componentes principales. Kaurivi *et al.* (2020) utilizaron un abordaje similar para evaluar efectos reproductivos en el bienestar de bovinos de carne en granjas comerciales en Nueva Zelanda.

Para reducir los sesgos en la agrupación se incluyeron tanto indicadores basados en recursos como en el animal, en dos momentos críticos de la crianza de los pollos de engorde (primera y quinta semana) y se realizaron evaluaciones tanto a nivel individual como grupal. La evaluación del dolor se realizó de manera indirecta (Gentle 2011) utilizando indicadores como porcentaje de pollos inmóviles, agonizantes y enfermos.

Este abordaje redujo la complejidad de los factores que podrían tener efecto sobre el bienestar de los pollos a 7 nuevas variables o CP para la primera semana de vida: CP productivo, CP enfermedad, CP integridad de piel y patas, CP ambiental, CP comportamiento, CP densidad y, CP recursos.

El grupo de variables relacionadas con la salud se agruparon en dos componentes, el CP1 enfermedad que agrupó las variables relacionadas con los pollos observados con problemas durante la evaluación por transectos en la granja: porcentaje de pollos muertos encontrados, enfermos, agonizantes, inmóviles, con cojeras y el porcentaje de mortalidad acumulada. El análisis también agrupó las variables en un segundo CP de salud de fácil interpretación biológica que se relacionó con lesiones o condiciones de la piel y de las patas e

incluyó las lesiones del corvejón, pododermatitis, porcentaje de pollos sucios, de selección y la temperatura cloacal.

Los porcentajes de mortalidad y de selección han sido frecuentemente utilizados como buenos indicadores de enfermedad (Manning *et al*. 2007) y la ausencia de enfermedad constituye uno de los componentes más importantes de la ciencia del bienestar animal (Fraser 1995). Sin embargo; utilizar la mortalidad como único indicador no permite conocer las causas de dolor, de morbilidad o de enfermedad. Los problemas locomotores han sido clasificados como uno de los principales problemas de salud de los pollos de engorde e incluyen problemas esqueléticos (patas) y lesiones en la piel como pododermatitis, lesiones en el corvejón y rasguños como las agrupadas dentro de los CP de salud. El CP de integridad de piel y patas explicó el 32,58% de la varianza observada.

El grupo de variables de alojamiento también se agrupó en dos variables simples (CP densidad y CP recursos) con buena interpretación biológica, durante la primera semana de vida. El CP recursos incluyó las variables: pollos por criadora, pollos por cuidador y caudal de agua. El acceso a los recursos es prioritario para los pollitos durante la primera semana de vida (Cobb Vantress 2015). Los pollos son alojados en las granjas pocas horas después de eclosionar y utilizan su comportamiento innato de exploración para identificar el agua, el alimento, así como las áreas de calefacción (Appleby *et al.* 2004). Se ha observado que el acceso rápido y fácil a los recursos mejora el desempeño y el bienestar de los

pollos de engorde (Van de Ven *et al.* 2009, De Jong *et al*. 2017, Giersberg *et al.* 2021).

El CP2 densidad incluyó las variables: pollos por comedero, densidad, pollos por tetina. Estas variables se asociaron a un concepto de cantidad de pollos por una unidad, en este caso por unidad de piso (m^2) (densidad), unidad de comedero o unidad de bebedero. Manning *et al.* (2007) hacen énfasis en la necesidad de incluir indicadores de acceso al agua y a la comida como indicadores "intra-ciclo productivo" los cuales permiten identificar problemas más inmediatos de bienestar sin la necesidad de esperar al final del ciclo productivo de los animales.

Para la quinta semana también se obtuvo otras 7 variables simples: CP productivo, CP enfermedad, CP integridad de piel y patas, CP alojamiento, CP comportamiento, CP sensación térmica, CP condición ambiental. Las variables de salud también se agruparon en dos componentes similares a los de la primera semana.

La agrupación de variables ambientales en dos componentes (sensación térmica y condición ambiental) mostró fácil interpretación biológica y explicó en conjunto un buen porcentaje de la variación observada (73,81%). Estos resultados apoyan lo descrito por Baracho *et al.* (2018) y mencionado en el apartado de correlaciones, sobre la importancia de las condiciones ambientales en el desempeño de los pollos de engorde.

El CP sensación térmica agrupó las variables de sensación térmica y temperatura termográfica de las instalaciones (techo, paredes, piso). La sensación térmica es un indicador que combina el efecto de la temperatura ambiental con la humedad relativa y la velocidad del viento en un intento por predecir la sensación de comodidad que pueden experimentan los animales (Olanrewaju *et al.* 2010). Los pollos carecen de glándulas sudoríparas, utilizan la radiación y la convección como mecanismos iniciales para disipar su calor metabólico (Scanes 2015), por lo tanto, el control de la temperatura de los edificios es básica para que los pollos puedan utilizar estos mecanismos de forma eficiente.

El CP ambiental incluyó la temperatura ambiental, la humedad relativa ambiental y la concentración de amoníaco. La temperatura ambiental y la humedad relativa también tuvieron una contribución muy importante en el manejo de pollos de engorde en las observaciones realizadas por Jones *et al*. (2000) en 114 granjas comerciales de pollos de engorde en el Reino Unido y Dinamarca.

4. Carga factorial

El análisis de carga factorial mostró que las variables con mayor contribución en cada componente principal durante la primera semana estuvieron relacionadas con la calefacción de los pollitos (pollos por criadora, temperatura ambiental), con la alimentación y acceso a recursos (pollos por comedero), con la salud (porcentaje de enfermos). La primera semana de vida representa para muchas granjas, el período de mayor mortalidad del ciclo productivo, la infección

bacteriana del saco vitelino se ha mencionado como una de las principales enfermedades (Yerpes *et al*. 2020). La calefacción y el acceso a la comida son factores de manejo primordiales en esta etapa ya que tienen un efecto notable en la uniformidad y el peso final de pollos de engorde (Van de Ven *et al.* 2009, Henriksen *et al.* 2016).

El baño de arena fue la variable que tuvo mayor contribución en la explicación de la varianza observada en el grupo de comportamiento. Ha sido descrito como un comportamiento que utilizan las aves para el mantenimiento del buen estado del plumaje, además se menciona como un indicador de alta motivación y se describe como un comportamiento de grupo (Costa *et al.* 2012).

En la quinta semana las variables de mayor contribución a la variabilidad observada en cada CP fueron la ganancia de peso, las relacionadas con temperatura de las instalaciones (termografía de cama, techo), las vinculadas con el acceso al alimento (pollos por comedero, porcentaje de pollos pequeños) y la relacionada con la humedad de la cama (porcentaje de pollos sucios). La presencia de pollos con el plumaje sucio se ha asociado con la calidad de cama (Berg 2009, Federici *et al.* 2016). Baracho *et al*. (2018) encontraron que la ventilación, la temperatura ambiental y el diseño de las instalaciones (aislamiento térmico del techo) fueron los principales factores asociados con la producción y el bienestar de pollos de engorde en Brasil, en granjas con condiciones estructurales similares a las observadas en este trabajo.

Autores como Sprenger *et al.* (2009) y Vanderhasselt (2013) cuestionan la utilización de la cantidad de comederos y bebederos como una medida adecuada para evaluar la sed, debido a que la cantidad de agua en los bebederos puede no ser la correcta. Por esta razón se incluyeron las evaluaciones del caudal y de la temperatura del agua en este trabajo. Estas variables mostraron alta correlación entre sí y con los rendimientos productivos.

La calidad de la cama también se menciona como uno de los principales factores asociados al manejo de los pollos próximos al sacrificio (Martland 2008, Dunlop *et al.* 2016,). Las principales causas de humedad de la cama observadas en pollos con edades cercadas a la cosecha se han asociado con manejo del bebedero (Federici et al. 2016) y con la humedad relativa ambiental (Jones *et al.* 2005, Bruce *et al*. 2007, Bilgili 2009).

El acceso a la comida y la competencia por los recursos también son mencionados por Bessei (2006), Meluzzi y Sirri (2016) como factores primordiales en la producción de pollos de engorde y se utilizan para la evaluación del bienestar en otros protocolos (Welfare Quality Project 2009, NCC 2020). El descarte de pollos pequeños que muestran un retraso en el crecimiento superior al 50%, debido a la competencia por los recursos y enfermedad, es reportada como una de las principales causas de muerte en pollo de engorde (Federici *et al*. 2016).

El comportamiento de acicalarse fue el de mayor contribución al grupo de comportamiento durante la quinta semana y se relaciona con comodidad,

motivación, mantenimiento del plumaje y también se considera como un comportamiento grupal (Appleby *et al*. 2004). El comportamiento de acicalarse es considerado, entre otros de motivación, como un indicador de la forma en que los pollos enfrentan el medio ambiente de manera positiva (Bracke y Hopster 2006).

5. Matrices de componentes rotados

Este análisis permitió clasificar las granjas evaluadas de acuerdo con las variables asociadas a cada CP. Se sugiere su uso como herramienta práctica para la calificación de las granjas, cuando la cantidad CP que se extraen lo permita. Las granjas evaluadas tuvieron buenas calificaciones en cuanto a la presencia de enfermedad y a la integridad de piel y patas durante la primera semana.

En la quinta semana más granjas (43,75%) se clasificaron con menor integridad de piel y patas, observación que se puede relacionar con la calidad de la cama. Las lesiones de piel y patas se han asociado frecuentemente con la calidad de la cama (Federici *et al.* 2016), los factores que la producen son múltiples (Dunlop *et al.* 2016, Martland 2008) y se presentan con frecuencia en pollos con edades cercanas al sacrificio, tanto en granjas con galeras de ventilación natural y como con ambiente controlado (Zamora Sanabria *et al.* 2021).

En la quinta semana la mayor parte de las granjas (37,5%) se asociaron con mayor sensación térmica y con condiciones ambientales desfavorables. El control ambiental es considerado como uno de los principales desafíos en la producción

avícola, tanto en galeras con ventilación natural como en galeras con ambiente controlado (Federici *et al.* 2016). Dawkins *et al.* (2004) encontraron que los factores ambientales tuvieron mayor efecto que la densidad en el bienestar de pollos de 5 empresas avícolas en la Unión Europea. Tuyttens *et al.* (2015) también reportan bajas calificaciones en el control ambiental de granjas evaluadas en Bélgica y en Brasil utilizando el Welfare Quality Protocol®.

6. Efecto de los componentes principales sobre el bienestar animal

En este trabajo se evaluó el efecto de las variables simples o componentes principales sobre las variables de bienestar (rendimientos productivos, porcentaje de mortalidad, selección, cojeras, pododermatitis, rasguños y temperatura corporal) durante la primera y quinta semana de edad.

Durante la primera semana el CP de comportamiento explicó buen porcentaje (45,7%) de la varianza observada en la temperatura cloacal y en el porcentaje de cojeras (39,1%) y el CP de integridad de piel y patas, la varianza observada (58,5%) en el comportamiento. Cuando se evaluó el comportamiento de comer en forma individual, explicó el 28% de la variación observada en la temperatura corporal. El comportamiento es una medida de la respuesta del animal a un ambiente específico, a un cambio, a un estímulo o a un estresor interno (fisiológico) o externo (ambiente) y se considera un complemento a las evaluaciones de salud (Dawkins 2003, Costa *et al.* 2012). Abeyesinghe *et al.* (2021) encontraron asociaciones fuertes entre el comportamiento y diversos

indicadores de salud: como cojeras, pollos sucios y lesiones del corvejón. Weeks *et al.* (2000) encontraron que las cojeras modificaron el comportamiento de caminar, comer y beber en pollos de engorde de crecimiento rápido. La motivación para caminar también se vio disminuida en pollos enfermos en un estudio realizado por Bokkers y Koene (2004).

Los modelos en los que se incluyó el CP productivo y los CP salud explicaron mejor la varianza observada en la ganancia de peso (8% más), peso corporal (2% más) y porcentaje de pododermatitis (19% más). La asociación observada entre el peso corporal, la ganancia de peso y el incremento en la presentación de lesiones como pododermatitis también fue observada por Kristensen *et al.* (2006).

El CP densidad y CP comportamiento también explicaron buen porcentaje de la varianza en la mortalidad acumulada (68%), el baño de arena explicó el 68% de la varianza en la mortalidad y la mortalidad explicó el 36% en el CP comportamiento cuando se evaluaron de forma individual. En el caso del comportamiento natural, algunos comportamientos con importante participación en el CP comportamiento como el baño de arena, se pueden llegar a convertir en estereotipias o comportamientos repetitivos anormales, en respuesta a un bloqueo en la respuesta funcional normal o como respuesta a cambios drásticos en el fotoperíodo, la intensidad de la luz, la calidad de la cama y en la temperatura ambiental (Appleby *et al*. 2004) lo que explicaría su contribución en el porcentaje de mortalidad acumulada. La salud y las condiciones de alojamiento también

afectan los comportamientos de forrajear y de acicalamiento (Jacobs *et al.* 2021) observados durante la quinta semana de edad.

El CP enfermedad y alojamiento también explicaron un importante porcentaje (85,5) de la variación observada en el porcentaje de selección, lo que sustenta el posible efecto de los factores ambientales y de salud (cojeras, pequeños, enfermos) en el retraso en el crecimiento de los pollos y el descarte que se realiza en las granjas comerciales (Cobb Vantress 2015, De Jong y Gunnink 2019).

El modelo que incluyó las condiciones ambientales de concentración de amoníaco y humedad relativa ambiental explicó el 68% de la variación observada en la prueba de objeto novedoso en la primera semana. En la quinta semana los dos CP de ambiente y el CP de alojamiento explicaron el 71% de la variación en la misma prueba. La prueba de objeto novedoso se utiliza para evaluar el miedo y el comportamiento de exploración en las aves.

Los resultados obtenidos son similares a los observados por de Haas *et al*. (2014) quienes reportan que las condiciones ambientales y de la cama afectaron el comportamiento de miedo en aves reproductores livianas. Se recomienda la realización de más pruebas que evalúen las condiciones que afectan el comportamiento de miedo y de motivación en pollos de engorde. La motivación y el miedo también se han asociado también con la genética y la edad de las aves (Giersberg *et al*. 2021, Meuser *et al*. 2021).

CP integridad de piel y patas y el porcentaje de lesiones por pododermatitis lograron explicar respectivamente el 45% y el 53% de la variación en prueba de contacto durante la quinta semana. La prueba de contacto se utiliza para evaluar el miedo de los pollos a los seres humanos. La expresión del miedo a los humanos se considera una característica de adaptación al medio ambiente y a las condiciones de alojamiento (Meuser *et al.* 2021) y es usada como un indicador del estado del animal (Asher *et al.* 2009) como una respuesta o manifestación de peligro (Meuser *et al.* 2021). Esta respuesta se ve afectada por varios factores, entre ellos el estrés crónico (Zulkifli 2013) como el causado por enfermedad que podría explicar la asociación entre las lesiones en las patas y la prueba de contacto.

7. Efecto de las variables categóricas sobre el bienestar animal

La calidad de la cama mostró diferencias significativas ($p<0,01$) en el bienestar de los pollos durante la primera y quinta semana de edad. Se observaron mayores temperaturas cloacales, porcentajes de pododermatitis, cojeras y menos pollos que se acercaron al objeto novedoso cuando la cama estuvo húmeda. Estos resultados sustentan la importancia del efecto de la calidad de la cama sobre el bienestar de los pollos en condiciones comerciales (Martland 2008, de Haas *et al.* 2014, Dunlop *et al.* 2016, Federici *et al.* 2016).

La presencia de enfermedad mostró diferencias significativas ($p<0,01$) en el bienestar de los pollos, se observó mayor porcentaje de cojeras durante la primera

semana. Mayores porcentajes de selección y menos pollos que se acercaron al evaluador se observaron durante la quinta semana. Las enfermedades diagnosticadas durante la evaluación fueron principalmente problemas locomotores o cojeras causados por necrosis de cabeza del fémur y espondilolistesis. Las cojeras son las enfermedades con mayor prevalencia en pollos de engorde y entre las causas mayormente asociadas están las lesiones de cartílago de origen bacteriano como las observadas (Granquist *et al.* 2019).

En este trabajo fue posible observar el efecto del tipo de alojamiento o galera en el comportamiento de miedo durante la quinta semana. En las galeras con ventilación natural menos pollos se acercaron al evaluador. También se observó mayor porcentaje de pollos con pododermatitis. Las galeras con ventilación natural son edificios abiertos donde las condiciones internas dependen directamente de las condiciones climáticas, geográficas, etc (Aviagen 2017). Bajo estas condiciones poco controladas, los pollos se exponen a múltiples estímulos lumínicos, sonoros, térmicos y de miedo (depredadores) donde es posible observar efectos similares a los obtenidos (Forkman *et al.* 2007).

Conclusiones

El abordaje de componentes principales permitió la simplificación de los posibles factores asociados al bienestar de los pollos y permitió identificar los efectos más importantes durante la semana primera semana de la vida: las condiciones de calefacción, la calidad de la cama, la presencia de enfermedad, la disponibilidad de recursos como bebedero, comedero y los comportamientos de motivación

como el baño de arena y el acicalamiento. Las condiciones ambientales y las lesiones en patas se asociaron las reacciones de miedo.

Este tipo de análisis también permitió realizar una clasificación de las granjas evaluadas de acuerdo con el grado de asociación con las variables de cada componente principal y su explicación biológica, en los componentes ambientales y de salud.

En la quinta semana las condiciones ambientales (sensación térmica, y temperatura del edificio), la calidad de la cama, la intensidad de luz, la presencia de lesiones de piel y patas, el caudal y la temperatura del agua, y el comportamiento de acicalarse se identificaron como los factores que mejor explicaron la variabilidad observada en los indicadores de bienestar animal.

Las variables utilizadas como indicadores de bienestar que presentaron fuerte asociación con los factores que afectaron el bienestar de los pollos fueron el porcentaje de mortalidad, de selección, la ganancia de peso, el porcentaje de cojeras, pododermatitis, la temperatura corporal y las pruebas de miedo, lo cual apoya su posible uso como indicadores para la evaluación del bienestar de los pollos de engorde en condiciones comerciales.

Es interesante resaltar las asociaciones encontradas entre la cantidad de pollos por cuidador con la mortalidad y el porcentaje de inmovilidad y las diferencias encontradas en las galeras con ventilación natural en el porcentaje de

pododermatitis y las reacciones de miedo de los pollos. Se recomienda estudiar más detalladamente estos hallazgos.

Algunas variables que representaron baja asociación y poder de predicción cuando se analizaron de forma individual como los rendimientos productivos y algunas variables de salud, aumentaron su grado de asociación cuando se incluyeron en modelos múltiples por lo que se recomienda aumentar el tamaño de muestra para futuros análisis.

Referencias

Abeyesinghe, SM; Chancellor, NM; Hernandez Moore, D; Chang, YM; Pearce, J; Demmers, T; Nicol, CJ. 2021. Associations between behavior and health outcomes in conventional and slow-growing breeds of broiler chicken (en línea). Animal 15(7):100261. DOI: https://doi.org/10.1016/J.ANIMAL.2021.100261.

Appleby, M; Mench, J; Hughes, B. 2004. Poultry behaviour and welfare. 1 era edición. Cambridge. Reino Unido. CABI Publishing. 287 p. DOI: https://doi.org/10.1079/9780851996677.0000.

Arbuckle, JL. 2014. Amos (version 23.0) [computer program]. Chicago: IBM SpSS.

Asher, L; Collins, LM; Ortiz-Pelaez, A; Drewe, JA; Nicol, CJ; Pfeiffer, DU. 2009. Recent advances in the analysis of behavioural organization and interpretation as indicators of animal welfare (en línea). Journal of The Royal Society Interface 6(41):1103–1119. DOI: https://doi.org/10.1098/RSIF.2009.0221.

Aviagen. 2017. Environmental management in the broiler house (en línea). Consultado 14 Ago. 2021. Disponible en: https://eu.aviagen.com/assets/Uploads/Environmental-Management-Broiler.pdf.

Aviagen. 2018. Manual de manejo pollo engorde Ross 308 (en línea). Consultado 7 Ene. 2022. Disponible en: https://es.aviagen.com/tech-center/.

Ávila González, E; Carmona Medero, JR; Castañeda Serrano, MP; Cortés Cuevas, A; Fuente Martínez, B; García Espinosa, G; Hernández Velasco, X; Juárez Estrada, MA; Ledesma Martínez, N; Mercado Chávez, A; Merino Guzmán, R; Paz Rodríguez, R; Posadas Hernández, E; Quintana López, JA; Quiroz Pesina, M; Cortés, CR; Salamanca Camacho, R; Sánchez Godoy, FD; Sánchez Ramírez, E; Suazo Orozco, LA; Urquiza Bravo, O. 2018. Introducción a la zootecnia del pollo y la gallina. (1era ed.). Xóchitl Hernández Velasco. México, México. 1–43 p.

Bailie, CL; Ijichi, C; O'Connell, NE. 2018. Effects of stocking density and string provision on welfare-related measures in commercial broiler chickens in windowed houses (en línea). Poultry Science 97(5):1503–1510. DOI: https://doi.org/10.3382/PS/PEY026.

Baracho, MS; Nääs, I de A; Betin, PS; Moura, DJ. 2018. Factors that Influence the production, environment, and welfare of broiler chicken: a systematic review (en línea). Brazilian Journal of Poultry Science 20(3):617–624. DOI: https://doi.org/10.1590/1806-9061-2018-0688.

Barnett, JL; Hemsworth, PH; Hennessy, DP; McCallum, TH; Newman, EA. 1994. The effects of modifying the amount of human contact on behavioural, physiological and production responses of laying hens (en línea). Applied Animal Behaviour Science 41(1–2):87–100. DOI: https://doi.org/10.1016/0168-1591(94)90054-X.

Bracke, MBM; Hopster, H. 2006. Assessing the importance of natural behavior for animal welfare (en línea). Journal of Agricultural and Environmental Ethics 19(1):77–89. DOI: https://doi.org/10.1007/S10806-005-4493-7.

Bell, DD; Weaver, WJ. 2002. Commercial Chicken Meat and Egg Production. 5ta edición. Nueva York, Estados Unidos. Springer. 3–1365 p.

BenSassi, N; Vas, J; Vasdal, G; Averós, X; Estévez, I; Newberry, RC. 2019. On-farm broiler chicken welfare assessment using transect sampling reflects environmental inputs and production outcomes (en línea). PLoS ONE 14(4):e0214070. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214070.

Berg, C. 2009. Pododermatitis and hock burn in broiler chickens. In Weeks, CA; Butterworth, A. Measuring and auditing broiler welfare. 1 era edición. Sweden. CABI Publishing. 37–49 pp. DOI: https://doi.org/10.1079/9780851998053.0037.

Bessei, W. 2006. Welfare of broilers: a review (en línea). World's Poultry Science Journal 62(03):455. DOI: https://doi.org/10.1017/S0043933906001085.

Bilgili, S. 2009. Factors contributing to foot-pad dermatitis in broilers (en línea). Consultado 18 Ago. 2021. Disponible en: https://www.wattagnet.com/articles/289-factors-contributing-to-foot-pad-dermatitis-in-broilers.

Bizeray, D; Estevez, I; Leterrier, C; Faure, JM. 2002. Influence of increased environmental complexity on leg condition, performance, and level of fearfulness in broilers (en línea). Poultry Science 81(6):767–773. DOI: https://doi.org/10.1093/PS/81.6.767.

Bokkers, EAM; Koene, P. 2004. Motivation and ability to walk for a food reward in fast- and slow-growing broilers to 12 weeks of age (en línea). Behavioural Processes 67(2):121–130. DOI: https://doi.org/10.1016/j.beproc.2004.03.015.

Botreau, R; Bracke, MBM; Perny, P; Butterworth, A; Capdeville, J; van Reenen, CG; Veissier, I. 2007. Aggregation of measures to produce an overall assessment of animal welfare. Part 2: analysis of constraints (en línea). Animal 1(8):1188–1197. DOI: https://doi.org/10.1017/S1751731107000547.

Bozakova, N; Stoyanchev, K; Girginov, D; Stoyanchev, T. 2007. Ethological study of broiler chickens after induction and treatment of muscular dystrophy (online). Trakia Journal of Sciences 5(4):19–23. Consultado 29 Jul. 2020. Disponible en: http://www.uni-sz.bg.

Bracke, MBM; Hopster, H. 2006. Assessing the importance of natural behavior for animal welfare (en línea). Journal of Agricultural and Environmental Ethics 19(1):77–89. DOI: https://doi.org/10.1007/S10806-005-4493-7.

Branco, T; Jorge De Moura, D; de Alencar Nääs, I; Duarte, N; Lima, S; Klein, DR; Robson, S; Oliveira, M. 2021. The sequential behavior pattern analysis of broiler chickens exposed to heat stress (en línea). AgriEngineering 2021, Vol. 3, Pages 447-457 3(3):447–457. DOI: https://doi.org/10.3390/AGRIENGINEERING3030030.

Bruce, DW; McIlroy, SG; Goodall, EA. 2007. Epidemiology of a contact dermatitis of broilers (en línea). Avian Pathology 19(3):523–537. DOI: https://doi.org/10.1080/03079459008418705.

Buijs, S; Ampe, B; Tuyttens, FAM. 2017. Sensitivity of the Welfare Quality® broiler chicken protocol to differences between intensively reared indoor flocks: which factors explain overall classification? (en línea). Animal 11(2):244–253. DOI: https://doi.org/10.1017/S1751731116001476.

Butterworth, A. 2013. On-farm broiler welfare assessment and associated training (en línea). Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, vol.15. p. 71–77 DOI: https://doi.org/10.1590/S1516-635X2013000200001.

Butterworth, A; de Jong, IC; Keppler, C; Knierim, U; Stadig, L; Lambton, S. 2015. What is being measured, and by whom? Facilitation of communication on technical measures amongst competent authorities in the implementation of the European Union Broiler Directive (2007/43/EC) (en línea). Animal 10(2):302–308. DOI: https://doi.org/10.1017/S1751731115001615.

Cobb Vantress. 2015. Optimum broiler development: a practical guide to ensure correct early broiler performance (en línea). Consultado 14 Feb. 2022. Disponible en: https://www.cobb-vantress.com/assets/Cobb-Files/management-guides/95e52e5b32/optimum-broiler-development.pdf.

Cobb Vantress. 2021. Cobb broiler management guide (en línea). Consultado 7 Ene. 2022. Disponible en: https://www.cobb-vantress.com/resource/management-guides.

Costa, L; Pereira, D; Bueno, L; Pandorfi, H. 2012. Some aspects of chicken behavior and welfare (en línea). Brazilian Journal of Poultry Science 14(3):159–164. DOI: https://doi.org/10.1590/S1516-635X2012000300001.

Czarick, M; Mou, C; Fairchild, B. 2020. Drinker Line Flow Rates | UGA Poultry house environmental management and energy conservation (en línea). University of Georgia. Department of Poultry Science. Consultado 15 Feb. 2022. Disponible en: https://www.poultryventilation.com/node/5126.

Daghir, NJ; Nuhad J. 2008. Poultry production in hot climates. 1 era edición. Londres. Reino Unido. CABI Publishing 387 p.

Dawkins, MS. 2003. Behaviour as a tool in the assessment of animal welfare (en línea). Zoology 106(4):383–387. DOI: https://doi.org/10.1078/0944-2006-00122.

Dawkins, MS; Donnelly, CA; Jones, TA. 2004. Chicken welfare is influenced more by housing conditions than by stocking density (en línea). Nature 427(6972):342–344. DOI: https://doi.org/10.1038/NATURE02226.

Dawkins, MS; Layton, R. 2012. Breeding for better welfare: genetic goals for broiler chickens and their parents (en línea). Consultado 22 Feb. 2022. Disponible en:http://www.faifarms.co.uk].

De Haas, EN; Bolhuis, JE; Kemp, B; Groothuis, TGG; Rodenburg, TB. 2014. Parents and early life environment affect behavioral development of laying hen chickens (en línea). PLoS ONE 9(3). DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0090577.

De Jong, IC; Hindle, VA; Butterworth, A; Engel, B; Ferrari, P; Gunnink, H; Perez Moya, T; Tuyttens, FAM; van Reenen, CG. 2016. Simplifying the Welfare Quality® assessment protocol for broiler chicken welfare (online). Animal 10(1):117–127. DOI: https://doi.org/10.1017/S1751731115001706.

De Jong, I; Berg, C; Butterworth, A; Estevéz, I. (2012). Scientific report updating the EFSA opinions on the welfare of broilers and broiler breeders 1 (en línea). Consultado 5 May. 2020. Disponible en: www.efsa.europa.eu/publications.

De Jong, IC; van Riel, J; Bracke, MBM; Brand, H van den. 2017. A meta-analysis of effects of post-hatch food and water deprivation on development, performance and welfare of chickens. PLoS ONE 12(12). DOI: https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0189350.

Dunlop, MW; Moss, AF; Groves, PJ; Wilkinson, SJ; Stuetz, RM; Selle, PH. 2016. The multidimensional causal factors of “wet litter” in chicken-meat production (en línea). DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.03.147.

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2019. Food outlook. Biannual report on global food markets (en línea). Rome,

Italia. Consultado 24 Abr. 2020. Disponible en: at http://www.fao.org/3/ca6911en/CA6911EN.pdf.

Federici, J; Vanderhasselt, R; Sans, E; Tuyttens, F; Souza, A; Molento, C. 2016. Assessment of broiler chicken welfare in southern Brazil (en línea). Brazilian Journal of Poultry Science 18(1):133–140. DOI: https://doi.org/10.1590/18069061-2015-0022.

Forkman, B; Boissy, A; Meunier-Salaün, M-C; Canali, E; Jones, RB. 2007. A critical review of fear tests used on cattle, pigs, sheep, poultry and horses (en línea). Physiology and behavior. DOI: https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2007.03.016.

Fraser, D. 1995. Science, Values and Animal Welfare: Exploring the 'inextricable connection' (en línea). Animal Welfare Collection. Consultado 14 Ago. 2021. Disponible en: https://www.wellbeingintlstudiesrepository.org/acwp_awap/39.

Gentle, MJ. 2011. Pain issues in poultry (en línea). Applied Animal Behaviour Science 135:252–258. DOI: https://doi.org/10.1016/j.applanim.2011.10.023.

Giersberg, MF; Molenaar, R; de Jong, IC; Souza da Silva, C; van den Brand, H; Kemp, B; Rodenburg, TB. 2021. Effects of hatching system on the welfare of broiler chickens in early and later life (en línea). Poultry Science 100(3):100946. DOI: https://doi.org/10.1016/J.PSJ.2020.12.043.

Gottardo, F; Contiero, B; Brscic, M. 2017. The use of animal-based measures to assess animal welfare in the EU – state of art of the last 10 years of activities and analysis of the gaps. Preparatory work (en línea). EFSA Supporting Publications 12(11). DOI: https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2015.en-902.

Graml, C; Waiblinger, S; Niebuhr, K. 2008. Validation of tests for on-farm assessment of the hen-human relationship in non-cage systems (en línea). Applied Animal Behaviour Science 111(3–4):301–310. DOI: https://doi.org/10.1016/j.applanim.2007.06.002.

Granquist, EG; Vasdal, G; de Jong, IC; Moe, RO. 2019. Lameness and its relationship with health and production measures in broiler chickens (en línea). Animal: an international journal of animal bioscience 13(10):2365–2372. DOI: https://doi.org/10.1017/S1751731119000466.

Henriksen, S; Bilde, T; Riber, AB. 2016. Effects of post-hatch brooding temperature on broiler behavior, welfare, and growth (en línea). Poultry Science 95(10):2235–2243. DOI: https://doi.org/10.3382/PS/PEW224.

Hunter, JM; Anders, SA; Crowe, T; Korver, DR; Bench, CJ. 2017. Practical assessment and management of foot pad dermatitis in commercial broiler

chickens: A field study (en línea). Journal of Applied Poultry Research 26(4):593–604. DOI: https://doi.org/10.3382/JAPR/PFX019.

IMN. (Instituto Meteorológico Nacional) 2019. Estaciones meteorológicas automáticas (en línea). San José, Costa Rica. Consultado 27 Feb. 2019. Disponible en: https://www.imn.ac.cr/estaciones-automaticas.

Industria Avícola. 2020. (en línea). Consultado 17 Jul. 2020. Disponible en: https://www.industriaavicola-digital.com/industriaavicola/april2020/MobilePagedReplica.action?pm=2&folio=8#pg10.

Jacobs, L; Melick, S; Freeman, N; Garmyn, A; Tuyttens, FAM. 2021. Broiler chicken behavior and activity are affected by novel flooring treatments (en línea). Animals: an Open Access Journal from MDPI 11(10). DOI: https://doi.org/10.3390/ANI11102841.

Jones, TA; Donnelly, CA; Dawkins, MS. (2000). Environment, well-being, and behavior environmental and management factors affecting the welfare of chickens on commercial farms in the United Kingdom and Denmark stocked at five densities (en línea). Consultado 16 Mar. 2020. Disponible en: www.geminidataloggers.com.

Jones, TA; Donnelly, CA; Dawkins, MS. 2005. Environmental and management factors affecting the welfare of chickens on commercial farms in the United Kingdom and Denmark stocked at five densities (en línea). Poultry science 84(8):1155–1165. DOI: https://doi.org/10.1093/PS/84.8.1155.

Karaarslan, S; Nazlıgül, A. 2018. Effects of lighting, stocking density, and access to perches on leg health variables as welfare indicators in broiler chickens (en línea). Livestock Science 218:31–36. DOI: https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.10.008.

Kaurivi, YB; Laven, R; Hickson, R; Parkinson, T; Stafford, K. 2020. Developing an animal welfare assessment protocol for cows in extensive beef cow-calf systems in New Zealand. Part 1: Assessing the feasibility of identified animal welfare assessment measures. (en línea). Animals: an open access journal from MDPI 10(9):1–16. DOI: https://doi.org/10.3390/ani10091597.

Kristensen, HH; Perry, GC; Prescott, NB; Ladewig, J; Ersbøll, AK; Wathes, CM. 2006. Leg health and performance of broiler chickens reared in different light environments (en línea). British Poultry Science 47(3):257–263. DOI: https://doi.org/10.1080/00071660600753557.

Lourenço da Silva, MI; Almeida Paz, IC de L; Chaves, GHC; Almeida, IC de L; Ouros, CC dos; Souza, SRL de; Milbradt, EL; Caldara, FR; Satin, AJG; Costa, GA da; Glavina, ASG. 2021. Behavior and animal welfare indicators of broiler

chickens housed in an enriched environment (en línea). PLOS ONE 16(9):e0256963. DOI: https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0256963.

Manning, L; Chadd, SA; Baines, RN. 2007. Key health and welfare indicators for broiler production (en línea). World's Poultry Science Journal 63(1):46–62. DOI: https://doi.org/10.1017/s0043933907001262.

Manteca, X. 2016. Use of outcome-based measures and design-based measures (en línea). In 4ta Conferencia Mundial de la OMSA sobre Bienestar Animal. Guadalajara, México, OMSA. Consultado 25 Jun. 2020. Disponible en: https://www.OMSA.int/esp/animal-welfare-conf2016/presrec.html.

Marchewka, J; Watanabe, TTN; Ferrante, V; Estevez, I. 2013. Welfare assessment in broiler farms: Transect walks versus individual scoring (en línea). Poultry Science 92(10):2588–2599. DOI: https://doi.org/10.3382/ps.2013-03229.

Martland, MF. 2008. Ulcerative dermatitis in broiler chickens: The effects of wet litter (en línea). Avian Pathology 14(3):353–364. DOI: https://doi.org/10.1080/03079458508436237.

Mellor, DJ. 2017. Operational details of the five domains model and its key applications to the assessment and management of animal welfare (en línea). Animals: an Open Access Journal from MDPI 7(8):60. DOI: https://doi.org/10.3390/ANI7080060.

Meluzzi, A; Sirri, F. 2016. Welfare of broiler chickens (en línea). Italian Journal of Animal Science 8(SUPPL. 1):161–173. DOI: https://doi.org/10.4081/IJAS.2009.S1.161.

Mench, J. 2018. Advances in poultry welfare. 1 ed. Amsterdam. Países Bajos Woodhead Publishing. Eselvier . 2–408 p.

Meuser, V; Weinhold, L; Hillemacher, S; Tiemann, I. 2021. Welfare-related behaviors in chickens: characterization of fear and exploration in local and commercial chicken strains (en línea). Animals 2021, Vol. 11, Page 679 11(3):679. DOI: https://doi.org/10.3390/ANI11030679.

Miranda-de la Lama, GC; Estévez-Moreno, LX; Sepúlveda, WS; Estrada-Chavero, MC; Rayas-Amor, AA; Villarroel, M; María, GA. 2017. Mexican consumers' perceptions and attitudes towards farm animal welfare and willingness to pay for welfare friendly meat products (en línea). Meat Science 125:106–113. DOI: https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.12.001.

Muchacka, R. 2010. Effect of thermal conditions on welfare of broiler chickens of different origin (online). Annals of Animal Science 10(4):489–497. Consultado 15 Feb. 2022. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/272129225_Effect_of_thermal_conditions_on_welfare_of_broiler_chickens_of_different_origin.

Munoz, C; Campbell, A; Hemsworth, P; Doyle, R. 2018. Animal-based measures to assess the welfare of extensively managed ewes (en línea). Animals 8(1). DOI: https://doi.org/10.3390/ani8010002.

NCC. 2020. National Chicken Council. Animal welfare for broiler chickens (en línea). Consultado 6 Oct. 2021. Disponible en: https://www.nationalchickencouncil.org/policy/animal-welfare/#.

Nicol, CJ; Caplen, G; Edgar, J; Browne, WJ. 2009. Associations between welfare indicators and environmental choice in laying hens (en línea). Animal Behaviour 78(2):413–424. DOI: https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2009.05.016.

Olanrewaju, HA; Purswell, JL; Collier, SD; Branton, SL. 2010. Effect of ambient temperature and light intensity on physiological reactions of heavy broiler chickens. Poultry Science 89(12):2668–2677. DOI: https://doi.org/10.3382/PS.2010-00806.

Oloyo A. 2018. The use of housing system in the management of heat stress in poultry production in hot and humid climate: a review (en línea). Poultry Science Journal 6(1):1–9. DOI: https://doi.org/10.22069/psj.2018.13880.1284.

Oloyo, A; Ojerinde, A. 2019. Poultry housing and management (en línea). 1 era edición. Londres. Reino Unido. IntechOpen. DOI: https://doi.org/10.5772/INTECHOPEN.83811.

OMSA. (Organización Mundial de Salud Animal) . 2016. Capítulo. 7.10. Bienestar animal y sistemas de producción de pollos de engorde (en línea). Consultado 16 Feb. 2022. Disponible en: https://www.OMSA.int/fileadmin/Home/esp/Health_standards/tahc/current/es_chapitre_aw_broiler_chicken.htm.

Pal, P; Dey, D; Sharma, B; Sahu, J; Kumar, S; Choudhary, S; Ghosh, S. 2019. Effect of light management in broiler production: A review (en línea). Journal of Entomology and Zoology Studies 7(3):437–441. Consultado 25 Feb. 2022. Disponible en: https://www.entomoljournal.com/archives/2019/vol7issue3/PartH/7-3-88-608.pdf

Pilecco, M; de L, APIC; Tabaldi, LA; de A, NI; Garcia, RG; Caldara, FR; Alves, MCF; Felix, GA. 2011. Influence of genetic strain and season on back scratch lesions in broilers (en línea). Revista Brasileira de Ciencia Avicola 13(4):241–245. DOI: https://doi.org/10.1590/S1516-635X2011000400004.

Popova –Ralcheva, S; Hadjiiliev; V; Gudev, D; Alexandrov, A; Sredkova, V. 2002. Ethological and physiological indices for well- being in broilers under different systems of management. Bulgarian Journal of Agricultural Science 8: 635–639. Consultado 21 Jul. 2019. Disponible en: https://www.agrojournal.org/08/863.htm.

Purswell, J; Dozier, W.A; Olanrewaju, HA; Davis, JD; Hongwei, X; Gates, RS. 2012. Effect of temperature-humidity index on live performance in broiler chickens grown from 49 to 63 days of age (en línea). *In* 2012 IX International Livestock Environment Symposium (ILES IX). St. Joseph, MI, American Society of Agricultural and Biological Engineers DOI: https://doi.org/10.13031/2013.41619.

Rushen, J. 1991. Problems associated with the interpretation of physiological data in the assessment of animal welfare (en línea). Applied Animal Behaviour Science 28(4):381–386. DOI: https://doi.org/10.1016/0168-1591(91)90170-3.

Sandøe, P; Corr, SA; Lund, TB; Forkman, B. 2019. Aggregating animal welfare indicators: can it be done in a transparent and ethically robust way? (en línea) .Animal Welfare 28(1):67–76. DOI: https://doi.org/10.7120/09627286.28.1.067.

Scahaw. (2000). The Welfare of Chickens Kept for Meat Production (broilers) report of the scientific committee on animal health and animal welfare. The welfare of chickens kept for meat production (broilers) contents. Consultado 18 Jul. 2020. Disponible en: https://ec.europa.eu/food/system/files/2020-12/sci-com_scah_out39_en.pdf

Scanes, C. 2015. Sturkie's avian physiology. 6ta edición. Nueva York. Estados Unidos. Elsevier. 1–1028 p.

Sellier, N; Guettier, E; Staub, C. 2014. A review of methods to measure animal body temperature in precision farming (en línea). American Journal of Agricultural Science and Technology 2(2):74–99. DOI: https://doi.org/10.7726/ajast.2014.1008.

Smulders, FJM; Rushen, J; Marie De Passillé, A. (2009). The scientific basis of animal welfare indicators (en línea). Consultado 17 Set. 2021. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/235902811.

Sprenger, M; Vangestel, C; Tuyttens, F. 2009. Measuring thirst in broiler chickens. (en línea). Animal Welfare 18(4):553–560. Consultado 14 Ago. 2021. Disponible en: http://hdl.handle.net/1854/LU-1073173.

Tahamtani, FM; Pedersen, IJ; Riber, AB. 2020. Effects of environmental complexity on welfare indicators of fast-growing broiler chickens (en línea). Poultry Science 99(1):21–29. DOI: https://doi.org/10.3382/PS/PEZ510.

Tao, X; Xin, H. 2003. Acute synergistic effects of air temperature, humidity, and velocity on homeostasis of market-size broilers (en línea). Consultado 7 Jul. 2020. Disponible en: http://lib.dr.iastate.edu/abe_eng_pubs/142.

Tuyttens, FAM; Federici, JF; Vanderhasselt, RF; Goethals, K; Duchateau, L; Sans, ECO; Molento, CFM. 2015. Assessment of welfare of Brazilian and Belgian broiler flocks using the Welfare Quality protocol (en línea). Poultry Science 94(8):1758–1766. DOI: https://doi.org/10.3382/ps/pev167.

Vanderhasselt, R. 2013. Improving the assessment of thirst and footpad dermatitis in broiler chicken welfare monitoring schemes (en línea). Ph.D. Ghent, Bélgica. University of Ghent. Consultado 14 Ago. 2021. Disponible en: https://biblio.ugent.be/publication/3262941/file/4336422.pdf.

Van Horne, PLM; Achterbosch, TJ. 2019. Animal welfare in poultry production systems: impact of EU standards on world trade (en línea). Worlds Poultry Science Journal 64(1):40–51. DOI: https://doi.org/10.1017/S0043933907001705.

Van de Ven, LJF; Van Wagenberg, A V; Groot Koerkamp, PWG; Kemp, B; Van den Brand, H. 2009. Effects of a combined hatching and brooding system on hatchability, chick weight, and mortality in broilers (en línea). Poultry Science 88(11):2273–2279. DOI: https://doi.org/10.3382/PS.2009-00112.

Weeks, CA; Danbury, TD; Davies, HC; Hunt, P; Kestin, SC. 2000. The behavior of broiler chickens and its modification by lameness (en línea). Applied Animal Behavior Science 67(1–2):111–125. DOI: https://doi.org/10.1016/S0168-1591(99)00102-1.

Welfare Quality Project. 2009. Welfare Quality® Assessment protocol for poultry (en línea). Consultado 14 Ago. 2017. Disponible en: http://www.welfarequality.net/media/1293/poultry-protocol-watermark-6-2-2020.pdf.

Yassin, H; Velthuis, AGJ; Boerjan, M; van Riel, J v. 2009. Field study on broilers' first-week mortality (en línea). Poultry Science 88(4):798–804. DOI: https://doi.org/10.3382/PS.2008-00292.

Yerpes, M; Llonch, P; Manteca, X. 2020. Factors associated with cumulative first-week mortality in broiler chicks (en línea). Animals: an open access journal from MDPI 10(2). DOI: https://doi.org/10.3390/ANI10020310.

Zamora Sanabria, R; Camacho Sandoval, J; Castañeda Serrano, MP; Elizondo Salazar, J. 2021. Evaluación del bienestar de pollos con el protocolo Welfare Quality® Project a nivel comercial en Costa Rica (en línea). UNED Research Journal 13(2):e3682–e3682. DOI: https://doi.org/10.22458/URJ.V13I2.3682.

Zulkifli, I. 2013. Review of human-animal interactions and their impact on animal productivity and welfare (en línea). Journal of Animal Science and Biotechnology 4(1):1–7. DOI: https://doi.org/10.1186/2049-1891-4-25/METRICS.

2. Indicadores de bienestar de pollos durante el ayuno, captura, transporte y espera al sacrificio

Resumen

Introducción: Las condiciones de ayuno, el procedimiento de captura, el transporte y las condiciones previas al sacrificio afectan en diferente medida el bienestar de los pollos de engorde. Interpretar y evaluar el bienestar en estas etapas puede ser difícil debido a que los factores que lo afectan son múltiples y resultan de la combinación de diversos elementos. **Objetivo:** Identificar los factores de la granja, del ayuno, de la captura, del transporte y del período pre-sacrifico que afectan el bienestar de los pollos de engorde a nivel comercial. **Metodología:** Para conocer la relación entre las condiciones de la granja durante la captura, las condiciones de ayuno, transporte y condiciones previas al ante-mortem sobre el bienestar de los pollos: concentración de corticosterona en sangre, lactato en sangre, pH en sangre, temperatura corporal, pérdida de peso, la diferencia entre la concentración de corticosterona, de pH, de lactato, de temperatura de la granja la planta de proceso, cantidad de pollos muertos durante la captura, cantidad de pollos lesionados durante la captura, cantidad de pollos no aptos para la captura, el porcentaje de pollos muertos al arribo (DOA), traumas, caquexia y celulitis, se evaluaron16 viajes o camiones de 16 granjas diferentes. Para reducir la complejidad de los factores estudiados se realizó un análisis de componentes principales (CP). Para comprender las relaciones entre los CP y las variables de respuesta se realizaron análisis de regresión con los CP como variables regresoras y se evaluaron las variables que explicaron en mayor forma la variabilidad dentro de cada componente Se calificaron las 16 granjas en relación con las variables asociadas a los CP. Se realizaron análisis de correlación entre todas las variables y pruebas de T pareadas para conocer la diferencia en los indicadores fisiológicos de la granja a la planta de proceso. Pruebas de T no pareadas se aplicaron para conocer las diferencias en las variables categóricas. **Resultados:** Todos los indicadores fisiológicos, con exceCPión del pH de la

sangre mostraron reducciones significativas ($p<0,05$) de la granja a la planta de cosecha. El análisis de componentes principales (CP) redujo la complejidad de los factores a ocho variables o CP: sensación térmica, ambiente, condiciones ante-mortem, condiciones del camino, condiciones de captura de la granja, condiciones de captura del personal, ayuno de alimento y ayuno de agua. Los CP de sensación térmica y de ayuno mostraron diferencias significativas sobre las variables de bienestar animal ($p<0,01$). El modelo que incluyó el CP sensación térmica y el CP ayuno de alimento explicó del 9 al 19% de la variación observada en el porcentaje de celulitis, DOA y caquexia. Todas las variables categóricas analizadas mostraron diferencias significativas ($p<0,1$) en la mayor parte de los indicadores de bienestar. Las galeras con ambiente controlado, la captura con las jaulas adentro, el clima despejado en la planta, la condición del camino de autopista y el sacrificio en la noche mostraron menores valores en las variables de bienestar. El grupo de operarios y las interacciones entre la posición de la jaula en el camión y el clima del camino y entre el momento de la captura y el clima de la granja mostraron diferencias significativas ($p<0,1$). **Conclusiones:** Las condiciones de infraestructura y ambientales durante la captura, el ayuno y los factores humanos se sugieren como los más importantes a considerar en el bienestar de pollos bajo condiciones comerciales. La lluvia, el viento, la posición de las jaulas en el camión, y el camino montañoso y de lastre se identificaron como los principales factores que afectaron el bienestar de los pollos durante el transporte. Las granjas evaluadas presentan oportunidades de mejora en las condiciones ambientales previas a la captura, en las condiciones de captura para el personal y en las condiciones durante el transporte.

Abstract

Introduction: Fasting conditions, catching procedure, transport and pre-slaughter conditions affect broiler welfare to different degrees. Interpreting and evaluating broiler welfare at these stages can be difficult because of the multiple factor that affects it and the combination of various elements. **Objective:** To identify farm

environment pre-catching, fasting conditions, catching procedure, transport and pre-slaughter conditions affecting broiler welfare in commercial conditions**.** **Methodology:** To know the relationship between these conditions on broiler welfare, 16 freights from 16 different farms in Costa Rica were evaluated. The concentration of corticosterone in blood, lactate, blood pH, body temperature, weight loss, the difference between the concentration of corticosterone, pH, lactate, farm temperature and process plant, number of dead chickens during capture, number injured of chickens during catch, number of unfit chickens for capture, percentage of chickens killed on arrival (DOA), trauma, cachexia and cellulitis were identified as animal welfare variables.To reduce the complexity of the factors studied and their effect on welfare variables, a principal component analysis (PC) was performed. To understand the relationships between the PCs and the response variables, regression analyses were performed with the PCs as regressive variables and the variables that explained the variability within each component were evaluated. Correlation analyses were performed between all variables and paired T tests to know the difference in physiological indicators from farm to process plant. Unpaired T tests were applied to know the differences in the categorical variables. **Results:** All physiological indicators, except for blood pH showed significant reductions ($p<0.05$) from farm to harvest plant. Principal component analysis (PC) reduced the complexity of the factors to eight variables or PCs: wind chill, environment, pre-sacrifice conditions, road conditions, farm catch conditions, personnel conditions, food fasting, and water fasting. The thermal sensation and fasting PCs showed significant differences on the animal welfare variables ($p<0.01$). The model that included thermal sensation PC and food fasting PC explained 9 to 19% of the observed variation in the percentage of cellulite, DOA, and cachexia. All the categorical variables analyzed showed significant differences ($p<0.05$) in most of the well-being variables. Barns environmental control, capture with the cages inside the barn, the clear weather at the plant, highway road type and slaughter during nighttime showed lower values in the welfare variables. The catching crew and the interactions between the position of the cage in the truck and the weather of the road and between the time of capture

and the climate of the farm showed significant differences ($p<0.05$). **Conclusions:** Barn´s infrastructure and environmental conditions during capture, fasting and human factors are suggested as the most important to consider in the welfare of chickens under commercial conditions. Rain, wind, the position of the cages on the truck, and the mountainous and ballast road were identified as the main factors that affected the welfare of the chickens during transport. The farms evaluated present opportunities for improvement in pre-catch environmental conditions, catch conditions for personnel, and conditions during transportation.

Introducción

Las aves de corral representan a una de las especies más transportada en el mundo (Averós *et al*. 2020). En Costa Rica se estima que la población de pollos de engorde es de 81 502 750 (CIAB 2020), basado en estos datos, se estarían transportando alrededor de 225000 pollos diariamente desde las granjas hacia las plantas de proceso.

Los pollos de las principales empresas avícolas exportadoras del país son transportados desde granjas ubicadas en diferentes cantones de la provincia de Alajuela y Cartago (INEC 2015), hasta plantas de sacrificio ubicadas en los cantones centrales de la provincia de Alajuela (SENASA 2021). Otros productores, transportan los pollos desde diferentes provincias hasta plantas de cosecha pequeñas, ubicadas en Grecia, Atenas, Turrúcares, San Carlos, Palmares, Sarapiquí, Nandayure, Hojancha, Upala, Dota, Corredores y Golfito (SENASA 2021).

Después de un período de engorde en la granja con relativamente pocos estímulos y baja actividad, los pollos de engorde experimentan una serie de factores denominados pre-sacrificio que incluyen: ayuno de alimento y agua, captura, colocación en las jaulas, transporte, espera y colgado en ganchos antes del sacrificio. Todos estos manejos provocan estrés y afectan en diferentes grados su bienestar (Savenije 2001).

Previo a la captura y a la carga de los pollos en los contenedores, los pollos se exponen a un período de ayuno de alimento suficiente para propiciar el vaciado de los intestinos (Taylor *et al*. 2001). El ayuno de alimento es una práctica que se utiliza para evitar contaminación de la canal durante la evisceración (Ávila González *et al*. 2018) y para evitar el gasto energético del músculo por la utilización del alimento previo al sacrifico (Ramão *et al*. 2011).

Uno de los factores que afecta en mayor medida el bienestar de los pollos de engorde es la captura (Musilová *et al*. 2013) que se define como el primer paso de la cadena de manejos pre-sacrificio en pollos de engorde (Kittelsen *et al*. 2018). En este proceso los pollos se pasan del piso de las instalaciones a las jaulas donde se transportan a la planta de cosecha y de ahí a los camiones (Knierim y Gocke 2003) dependiendo del método de captura que se utilice.

Existen varios métodos de captura, los manuales y los automatizados. En los métodos manuales los pollos son cargados por operarios quienes colocan las aves en las jaulas, tomando varios pollos por una o por las dos patas o de forma individual invertidos por el lomo (Kittelsen *et al*. 2018). Posteriormente los pollos se colocan en las jaulas que pueden estar dentro o fuera de las galeras (Mönch *et al*. 2020). En el método automatizado la captura es realizada por máquinas que a través de una serie de dedos de goma y de bandas capturan los pollos y los colocan en las jaulas (Ramasamy *et al*. 2004).

En Costa Rica las aves son capturadas de forma manual y transportadas en contenedores o jaulas plásticas de dimensiones de 83-97 cm de largo, 53-58 cm

de ancho y 22-28 cm de altura y en camiones abiertos que transportan de 2000 a 2500 pollos dependiendo del peso corporal y de la distancia a la planta de proceso.

Las condiciones de transporte son muy diversas, es posible observar diferentes condiciones de tráfico, de la carretera, clima y distancia que exponen los pollos a factores causantes de estrés, principalmente estrés térmico (Mitchell y Kettlewell 1998) lo que pone en riesgo su bienestar. Aspectos como el tipo y estado de los camiones, tipo de conducción, desperfectos mecánicos, paradas innecesarias, problemas de ventilación, mal estado de las jaulas, distribución, sobre población y ausencia de planes de emergencia han sido identificados como los principales problemas asociados al transporte de los pollos (Vecerek *et al*. 2016).

Durante el transporte las aves se exponen a una serie de potenciales estresores como los microambientes del camión (Aldridge *et al*. 2019) y de las jaulas, aceleración, vibración (Innocencio y Nääs 2019), ruido (Chloupek *et al*. 2009), impactos, ayuno (Delezie *et al*. 2007) y disruCPión social (Mitchell y Kettlewell 1998). Estos aspectos se combinan llegando inclusive a causar la muerte de los animales (Saraiva *et al*. 2020).

El tiempo que los pollos permanecen en los camiones y en las instalaciones de la planta de proceso previo al sacrificio es muy variable. Depende de las condiciones de cada país, del clima, de la ubicación y de la logística de las plantas de proceso y de las condiciones de las carreteras (Vieira *et al.* 2010). Vieira *et al*. (2011)

recomiendan períodos de espera previos al sacrificio inferior a 3 horas a 22 ºC, donde el tiempo total de permanencia de los pollos en las jaulas no supere las doce horas.

Para la evaluación del bienestar de los pollos durante el ayuno, la captura y transporte se han utilizado una serie de indicadores fisiológicos como la concentración de corticosterona en sangre, relación heterófilo-linfocito, hemoglobina, volumen celular, lactato, glucosa, triglicéridos, colesterol, ácido úrico y enzimas como aspartato transaminasa (AST) y alanina transaminasa ALT (Al-Obaidy *et al*. 2020). La temperatura corporal también se ha utilizado como indicador (Queiroz *et al*. 2015). Otros indicadores ampliamente utilizados son los relacionados con lesiones y pérdida de peso como las muertes al arribo a la planta (DOA), rasguños, hematomas y fracturas (Arikan *et al.* 2017, Caffrey *et al.* 2017, dos Santos *et al*. 2020).

Interpretar y evaluar el bienestar de los pollos de engorde en esta etapa puede ser difícil debido a que los factores que afectan el bienestar de los pollos son múltiples (Averós, *et al*. 2020, Saraiva *et al*. 2020) y resultan de la combinación de varios elementos en diferentes grados (Broom 2019). Este trabajo tuvo como propósito identificar los factores de la granja, del ayuno, de la captura, del transporte y del período pre-sacrifico que afectan el bienestar de los pollos de engorde a nivel comercial.

Materiales y métodos

En este trabajo se evaluaron las condiciones ambientales de la granja previas a la captura, las condiciones de ayuno, procedimiento de captura, transporte y la espera ante-mortem de 16 viajes o camiones con pollos de engorde provenientes de 16 granjas diferentes (un viaje por granja). Las granjas engordaron los pollos para la misma empresa avícola con integración vertical y se ubicaron en diferentes cantones de la provincia de Alajuela y Cartago, con temperaturas ambientales de 17 a 30 °C, con 80 % de humedad relativa y precipitaciones de 2612 a 3992 mm (IMN 2022). La planta de cosecha donde se sacrificaron los pollos se ubicó en San Rafael de Alajuela.

Los pollos de engorde, machos y hembras de las líneas genéticas Ross 308 y Cobb 500, se cosecharon entre 40 y 45 días de edad. Las granjas compartieron el mismo programa de alimentación, sanitario, de luz y se alojaron en galeras con ventilación natural y ambiente controlado.

Factores asociados con la granja

Las condiciones ambientales de una galera por cada granja fueron evaluadas previo a la captura. La temperatura ambiental, la humedad relativa ambiental, la concentración de amoníaco, la intensidad de luz y la velocidad del aire se midieron en el centro de cada galera y a la altura de los pollos con un medidor marca Sper

Scientific modelo 850070. La concentración de amoníaco se midió de la misma manera con un sensor Smart Sensor de Intel instruments (AR8500).

La sensación térmica se calculó de acuerdo con lo recomendado por Tao y Xin (2003). El clima de la granja al momento de la medición se evaluó en cada granja y se clasificó como soleado (ausencia de lluvia) o lluvioso (cualquier cantidad de lluvia). Para la variable denominada tipo de granja se consideró si la galera evaluada de cada granja presentaba ventilación natural o ambiente controlado.

Ayuno

Durante la evaluación en la granja previa al sacrificio se capturó en un registro en papel la información de la hora inicio y finalización de la restricción de agua y de alimento, anotando la hora en la que se levantaron los comederos y bebederos para evitar el acceso de los pollos al agua y a la comida. También se registraron los tiempos de ayuno intermitente de alimento que realizaron algunas granjas.

Con esta información posteriormente se calculó:

a) El tiempo de ayuno total: consistió en el tiempo en horas desde el levantamiento de los comederos al sacrificio, este tiempo incluyó los períodos intermitentes de ayuno de alimento.

b) El tiempo de ayuno de agua en la granja: tiempo en minutos de restricción de agua solo en la granja.

c) Tiempo total de ayuno de agua en horas: comprendió el tiempo en horas desde el levantamiento del bebedero hasta el sacrificio.

d) Tiempo total de ayuno de alimento: comprendió el tiempo en horas en el que el pollo no consumió alimento en la granja.

e) Tiempo de ayuno de agua al muestreo: comprendió el tiempo en horas desde el levantamiento del bebedero hasta el momento en que se realizó la toma de muestras individuales a los pollos en la planta de proceso.

f) Tiempo de ayuno de alimento al muestreo: comprendió el tiempo en horas desde el levantamiento del comedero hasta el momento en que se realizó la toma de muestras individuales a los pollos en la planta de proceso, incluyó los períodos intermitentes de ayuno de alimento.

Captura

La captura en todas las granjas se realizó por el método manual, en la que los operarios capturaron los pollos por una pata, llevándolos a las jaulas que se ubicaron dentro de la galera en el 50% de las granjas y fuera de las galeras en el resto de las granjas (Fig. 2.1). A la ubicación de las jaulas (dentro o fuera de la galera) se le denominó tipo de captura y se evaluó en cada granja.

Fig. 2.1. Carga de los pollos con las jaulas fuera de la galera.

Las jaulas o contenedores siempre tuvieron las mismas dimensiones: 83 cm de largo, 53 cm de ancho y 22 cm de altura, un área de 4399 cm^2 y volumen de 96778 cm^3. Los pollos fueron atrapados por 3 grupos de operarios denominados como cuadrillas 1, 2 y 3. Se registró el número de cuadrilla que realizó la captura en cada granja.

Para conocer las condiciones estructurales de la captura se midió, en todas las granjas, el ancho de las puertas, se registró la cantidad de puertas por donde salieron los operadores para colocar los pollos fuera de la galera, si procedía. Se registró la cantidad de pollos que cada operador cargó por mano, la distancia de captura o distancia desde el punto en que el operador capturó los pollos hasta el

lugar de ubicación de las jaulas. También se anotó la distancia más alejada que los operadores tuvieron que caminar con los pollos hasta las jaulas.

Se cuantificó el tiempo desde el inicio hasta el final de la captura por camión o tiempo de captura con un cronómetro. Se registró la cantidad de pollos colocados en las jaulas. Se midió la distancia en centímetros de las manos de los operarios hasta la entrada de las jaulas. La captura se llevó a cabo en la tarde y en la noche, a esta clasificación se le denominó momento de la captura y se registró para cada granja.

Transporte

Las jaulas o contenedores se transportaron en camiones con una capacidad para 288 jaulas. La temperatura ambiental y la humedad relativa interna de las jaulas se midió (Fig. 2.2) en 10 de las jaulas ubicadas en 10 diferentes puntos (A-J) por camión (Fig. 2.3). Ocho jaulas se ubicaron en posiciones laterales del camión y dos jaulas en posiciones internas dentro del camión (Fig. 2.4). A la agrupación de las jaulas en laterales e internas, se le denominó posición de las jaulas y se registró para cada camión.

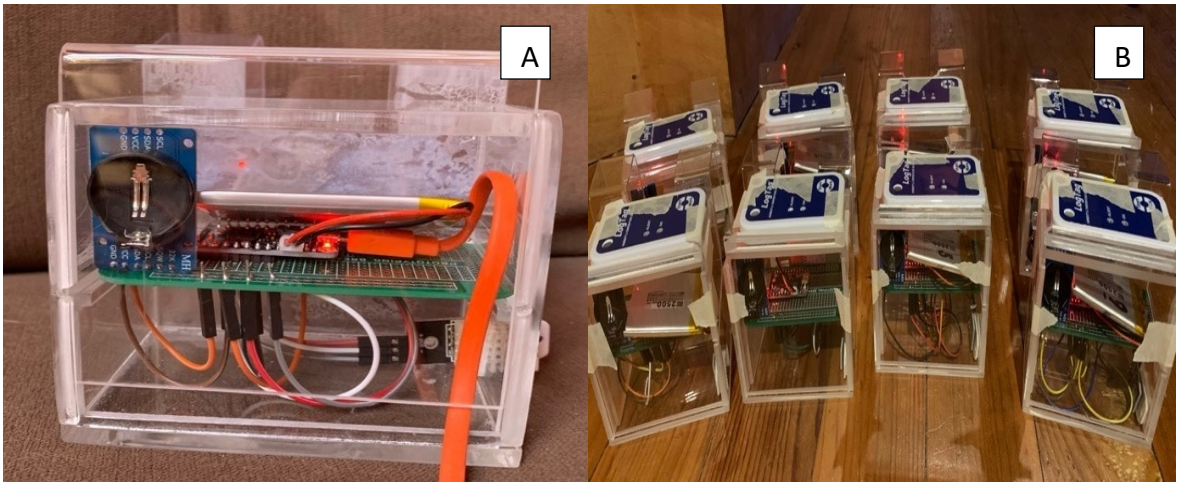


Fig. 2 2. Sensores de temperatura y humedad, A: sensor arduino, B: sensor Haxo + Arduino.

El registro de la temperatura y de la humedad se llevó a cabo simultáneamente con dos tipos de sensores, sensores arduino que se diseñaron y construyeron específicamente para el estudio y sensores tipo data logger Haxo, (modelo 8). Ambos sensores registraron las temperaturas y humedades de cada jaula desde el momento de la captura hasta el momento de evaluación o muestreo individual de los pollos en la planta de proceso. Además, se colocó una cámara de video marca Go-Pro (Hero10 black) para registrar el comportamiento de los pollos en las jaulas internas del camión desde la carga hasta la llegada a la planta de proceso.

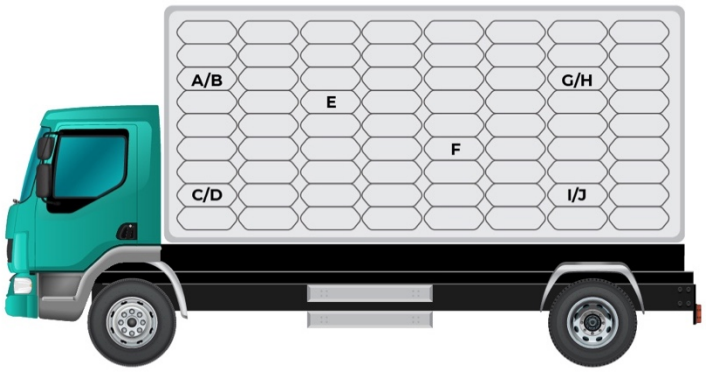


Fig. 2.3. Ubicación de las jaulas evaluadas en el camión.

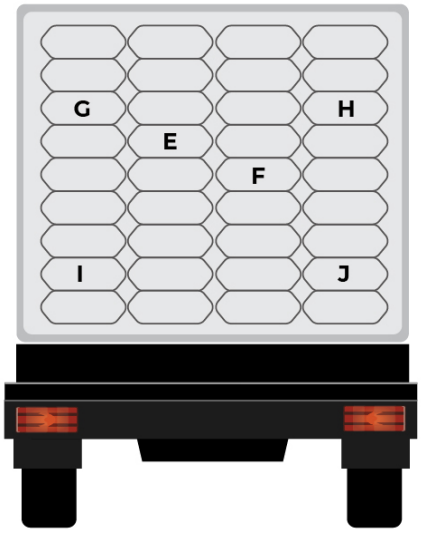


Fig. 2.4. Ubicación de las jaulas internas (E y F) en el camión.

Se registró el tiempo de transporte desde la salida de cada camión de la granja hasta la llegada a la planta de proceso, la distancia en kilómetros desde la granja hasta la planta de cosecha se midió por medio del odómetro del camión.

La condición del camino se clasificó en dos tipos de condiciones: curvas y autopista. Con la condición “autopista” se clasificaron los viajes donde el camino incluyó un tramo de autopista y camino pavimentado. La condición del camino denominada “curvas” incluyó viajes realizados en camino de lastre y el camino montañoso con curvas en los alrededores del Volcán Poás. El clima del camino se clasificó como soleado (no lluvioso) y lluvioso. Cada camión se clasificó de acuerdo con la condición y el clima del camino.

Condiciones pre-sacrificio o ante-mortem

Luego de la llegada a la planta de proceso los camiones permanecieron por un tiempo cargados con las jaulas con pollos en un área de espera con ventiladores. Posteriormente las jaulas fueron descargadas y apiladas en torres de 10 jaulas en el andén anterior al área de sacrificio.

La temperatura ambiental, la humedad relativa, la intensidad de luz, la velocidad del viento, la concentración de amoníaco y la sensación térmica fueron medidos y calculados de la misma forma que en la granja, entre las torres de jaulas en el andén. Las condiciones ambientales del andén se registraron para cada camión o viaje.

Se midió el tiempo de espera de cada camión desde la carga en la granja hasta el sacrificio en horas, también el tiempo de descarga de las jaulas de cada camión al andén en minutos. Se cronometró el tiempo de espera desde la llegada del camión a la planta de proceso hasta la descarga de las jaulas en el andén. Se cuantificó el tiempo que se utilizó en colgar todos los pollos de cada camión para la insensibilización. También se midió el tiempo de espera desde la llegada de los camiones a la planta de proceso hasta el muestreo de los pollos en forma individual.

Se registró el momento en que se sacrificaron los pollos de cada camión de acuerdo con dos clasificaciones: noche y madrugada. También se anotó la condición del clima en la planta de proceso durante la espera al sacrificio, el clima se clasificó en despejado y nublado.

Indicadores de bienestar

Para evaluar el efecto de las condiciones de la granja, ayuno, captura, transporte y período ante-mortem en el bienestar de los pollos se utilizaron indicadores fisiológicos: concentración de corticosterona en sangre, lactato en sangre, pH en sangre, temperatura corporal, la pérdida de peso, la diferencia entre la concentración de corticosterona, de pH, de lactato, de temperatura de la granja la planta de proceso e indicadores de lesión o enfermedad: cantidad de pollos muertos durante la captura, cantidad de pollos lesionados durante la captura,

cantidad de pollos no aptos para la captura, el porcentaje de DOA, traumas, caquexia y celulitis.

La evaluación de estos indicadores se realizó en forma individual en la granja previo a la captura y en la planta de proceso previo al sacrificio. Para esto se identificaron 30 pollos antes de la captura, por medio de un anillo numerado en la pata derecha. Los pollos identificados se colocaron en jaulas identificadas con tiras plásticas numeradas que contenían los sensores de temperatura y humedad (Fig. 2.5).

Fig. 2.5. Vista interna de las jaulas donde se colocaron los sensores y los pollos identificados en forma individual.

Cada pollo se pesó en forma individual con una balanza (Ohaus pionner plus, PA 3232, (0,01) g). A cada pollo se le tomó la temperatura en la axila con un

termómetro infrarojo (Blue Jay), con un rango de 0 a 45 °C. y se le tomó una muestra de sangre por punción en la vena radial.

Se tomaron fotos termográficas de la cabeza de 50 pollos utilizando una cámara termográfica (Testo 868) (Fig. 2.6). Las fotos se tomaron a 50 cm de distancia de las aves y posteriormente se analizaron en el software de Testo, se calculó el promedio de las 50 temperaturas capturadas con la cámara termográfica en la granja y en la planta de proceso.

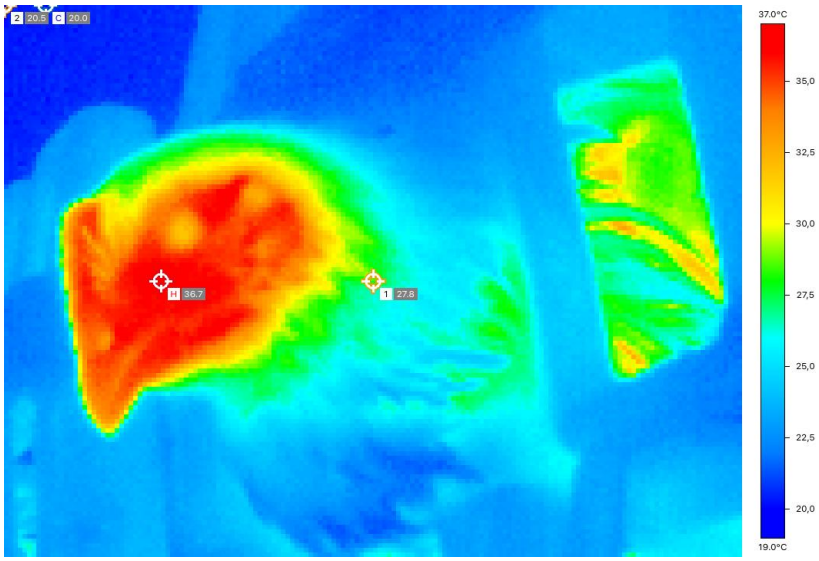


Fig. 2.6. Termografía de un pollo en la jaula.

Para medir la concentración de corticosterona y de lactato en sangre se evaluaron 15 pollos por camión. El peso corporal, la temperatura corporal y el pH en la sangre se midió en 30 pollos por camión. Para estimar la pérdida de peso, cada pollo se pesó nuevamente en la planta de proceso. La pérdida de peso, la

diferencia de temperatura, lactato, pH y corticosterona se calcularon restando a los valores en la planta de proceso los resultados obtenidos en la granja previo a la captura.

El pH de la sangre se midió con un medidor de pH Hanna Instruments (Halo). La concentración de lactato se midió en mmol/L, colocando una gota de sangre entera en tiras reactivas en un medidor Accutrend Plus. Para la determinación de la concentración de corticosterona en pg/mL, la sangre se centrifugó para obtener suero. Los sueros se congelaron y se evaluaron utilizando un kit de ensayo por inmunoabsorción ligado a enzima (ELISA) para corticosterona Arbor Assays CR-K014-H5. La preparación de las muestras se llevó a cabo en el Laboratorio de Microbiología del Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA) y la lectura en el Centro de Investigación en Biología Molecular y Celular (CIBCM) de la Universidad de Costa Rica.

La cantidad de pollos muertos en la granja durante cada captura, la cantidad de pollos lesionados durante la captura por los operadores y los pollos no aptos para la captura, se cuantificaron en cada granja, previo al transporte. Se consideró como pollos no aptos para la captura aquellos pollos que mostraron inmovilidad, plumas erizadas, signos de enfermedad y que no fueron capturados por los operarios de la cuadrilla de atrapado.

El porcentaje de pollos muertos al arribo a la planta de proceso (DOA) se calculó dividiendo la cantidad de pollos muertos por cada camión evaluado entre la

cantidad de pollos por camión multiplicado por 100. El porcentaje de pollos con traumas, celulitis y caquexia se calculó evaluando en la planta de proceso una muestra de 100 canales por cada granja o camión evaluado. Se clasificó como caquexia a aquellos pollos que presentaron extrema desnutrición con atrofia muscular y pérdida excesiva de agua.

Se consideró como traumas aquellas lesiones de los tejidos blandos con hematomas o coloraciones de color rojo a purpura con luxación o perdida de contacto de las superficies articulares o con fractura parcial o total de los huesos. Los pollos con celulitis fueron aquellos con un proceso inflamatorio de la piel que se manifestó con enrojecimiento o eritema, pústulas, abrasiones, cambios en la textura y coloración de la piel.

Análisis de los datos

Se realizó una prueba de T pareada para conocer las diferencias entre las medias de los indicadores fisiológicos (concentración de corticosterona sangre, concentración de lactato sangre, pH sangre, temperatura corporal y pérdida de peso, antes y después del transporte. Se consideró un grado de significancia de 0,01.

Las condiciones en la granja, ayuno, captura, transporte, previo al sacrificio y los indicadores de bienestar se analizaron en forma descriptiva, se calculó la media, desviación estándar, moda, máximo y mínimo. Para conocer el grado de

asociación de las variables entre sí, se realizó un análisis de correlación de Pearson.

Para reducir la complejidad de las variables evaluadas en la granja, durante la captura, el ayuno, transporte y en el período previo al sacrificio, las variables se agruparon de acuerdo con su relación biológica y su grado de correlación. Una vez agrupadas a cada grupo de variables independientes se les realizó un análisis de componentes principales. Se aplicaron las pruebas de verosimilitud y la prueba de rotación de factores o prueba de Varimax con normalización de Kaiser. Para conocer la contribución única de cada variable dentro del componente se realizó una matriz de coeficientes de puntuación de los componentes.

Para comprender las relaciones entre los componentes principales y las variables de respuesta, se realizaron análisis de regresión por pasos con los componentes principales como variables regresoras, además se seleccionaron las variables o indicadores que explicaron en mayor forma la variabilidad dentro de cada componente para conocer su relación individual con las variables de respuesta. Se consideró un grado de significancia de 0,05.

Cuadro 2.1. Variables o indicadores evaluados, agrupados de acuerdo con su relación biológica y grado de correlación.

Bienestar animal (dependientes)	Granja	Captura	Ayuno	Transporte	Variables categóricas
Pérdida de peso	Temperatura ambiental de la galera	Cantidad de puertas	Ayuno total en horas	Temperatura ambiental del andén	Tipo de captura
Peso en planta de proceso	Humedad relativa de la galera	Ancho de las puertas	Ayuno de agua en la granja en minutos	Humedad relativa del andén	Condición del camino
Concentración de lactato en granja	Intensidad de luz de la galera	Distancia de captura promedio	Ayuno total de agua (hasta el sacrificio)	Sensación térmica del andén	Clima de la planta
Concentración de lactato en planta de proceso	Concentración de amoníaco en la galera	Distancia del punto más alejado a las jaulas	Ayuno total de alimento en horas hasta el sacrificio	Concentración amoníaco en el andén	Momento de sacrificio
Concentración corticosterona en granja	Velocidad del viento en la galera	Pollos por mano capturados	Ayuno de agua en horas al muestreo	Velocidad del viento en el andén	Momento de la captura
Concentración corticosterona en planta	Sensación térmica en la galera	Tiempo de captura	Ayuno de alimento en horas al muestreo	Intensidad de luz en el andén	Cuadrilla o grupo de captura
pH de la sangre en granja	Temperatura termográfica de los pollos	Distancia de las manos a las jaulas		Tiempo de transporte en horas	Tipo de granja
pH de la sangre en planta de proceso	Clima de la granja	Grupo de operadores captura		Distancia de transporte en km	Posición de la jaula
Temperatura corporal en la granja		Momento de la captura		Tiempo de descarga	Raleo o limpieza
Temperatura corporal en la planta de proceso		Tipo de captura (camión entra a la granja)		Tiempo de espera al sacrificio en horas	Clima de la granja
Pollos muertos durante la captura		Cantidad de pollos por jaula		Clima de la planta de proceso	Clima del camino
Pollos lesionados durante la captura				Tiempo de espera a la descarga	
Pollos que no son aptos para la captura				Tiempo de colgado	
Pollos muertos al arribo, %				Tiempo de espera al muestreo	
Pollos con traumas, %				Condición del camino	
Pollos con celulitis, %				Clima del camino	
Pollos con caquexia, %				Posición de la jaula en el camión	
Temperatura termográfica de los pollos en la granja y en planta					

Las variables de respuesta o indicadores de bienestar animal fueron: concentración de corticosterona en sangre, concentración de lactato en sangre, pH de la sangre, temperatura corporal, en la granja y en la planta de proceso, pérdida de peso, diferencia en concentración de corticosterona, concentración de lactato, pH sangre, temperatura corporal entre la granja y la planta de proceso, porcentaje de DOA, traumas, celulitis, caquexia, pollos muertos durante la captura, pollos lesionados durante la captura y pollos no aptos para la captura.

Los modelos utilizados fueron los siguientes:

$$Y_{ij} = \mu + CP_i + V + e_j$$

Donde:

Y_{ijm} = Observación que corresponde al i-ésimo tratamiento del componente principal sobre la concentración de corticosterona en sangre, la concentración de lactato en sangre, el pH de la sangre, la temperatura corporal, la pérdida de peso, las diferencias de lactato, corticosterona, pH y temperatura corporal entre la granja y la planta de proceso, el porcentaje de DOA, traumas, celulitis, caquexia, pollos muertos durante la captura, pollos lesionados durante la captura y cantidad de pollos no aptos para la captura.

μ = Media general.

CP_i = Efecto del i-ésimo tratamiento del componente principal.

V_j = Efecto del i-ésimo tratamiento de la variable que explica el mayor porcentaje de la varianza observada dentro del componente principal.

E_{ijm} = Término de error aleatorio asociado a $Y_{ij.}$

Para los análisis con las variables categóricas se realizaron pruebas de T no pareadas para establecer las diferencias individuales entre las medias de las clasificaciones de cada variable independiente con la variable de respuesta. Se consideró un grado de significancia de 0,1 debido al tamaño de muestra pequeño. Para la variable cuadrilla se realizó una prueba de ANOVA y para conocer las diferencias entre medias se aplicó la prueba de Tukey SD.

El modelo utilizado fue:

$$Y_{ijm} = \mu + D_{ij1,2} + (PJ \times CLC)_{ij1,2} + (M \times CL)_{ij1,2} + e_{ij1m}$$

Donde:

Y_{ijm} = Observación que corresponde al i-ésimo tratamiento sobre la concentración de corticosterona en sangre, la concentración de lactato en sangre, el pH de la sangre, la temperatura corporal, la pérdida de peso, las diferencias de lactato, corticosterona, pH y temperatura corporal entre la granja y la planta de proceso, el porcentaje de DOA, traumas, celulitis, caquexia, pollos muertos durante la captura, pollos lesionados durante la captura y cantidad de pollos no aptos para la captura.

μ = Media general.

Dij = Efecto del i-ésimo tratamiento de el tipo de granja (ventilación natural o ambiente controlado), el tipo de captura (con las jaulas dentro de la galera o fuera de la galera), la posición de las jaulas dentro del camión (laterales y

en el centro del camión), el clima de la granja durante la captura y el clima durante el camino (soleado o lluvioso) y el clima de la planta de proceso durante el período de espera previo al sacrificio (despejado y nublado).

$(PJ \times CLC)_{ij1}$ = Efecto del i-ésimo tratamiento de la interacción entre la posición de las jaulas y el clima del camino.

$(M \times CL)_{ij}$ = Efecto del i-ésimo tratamiento de la interacción entre el momento de captura y el clima de la granja.

E_{ijm} = Término de error aleatorio asociado a $Y_{ij.}$

Para el análisis se utilizó el software R Core Team (2020). R: a language and environmental for statistical computing. https:// www.R-project.org/.

Resultados

1. Indicadores fisiológicos

Las condiciones de captura y transporte y captura afectaron significativamente el bienestar de los pollos de engorde. Estas condiciones y sus asociaciones han sido poco evaluadas a nivel comercial. Para la evaluación del bienestar de los pollos durante el transporte, se han utilizado una serie de parámetros fisiológicos como hormonas, enzimas o relaciones entre células sanguíneas como indicadores de estrés (Mitchell *et al*. 1992).

En este trabajo los indicadores fisiológicos evaluados fueron la concentración de lactato en sangre, el pH de la sangre, la temperatura corporal, la pérdida de peso

corporal y la concentración de corticosterona. Estos indicadores, evaluados en forma individual mostraron cambios estadísticamente significativos durante el viaje desde la granja hasta la planta de proceso, como se muestra en el análisis de muestras pareadas del Cuadro 2.2.

La concentración de lactato en sangre, la temperatura y el peso corporal, mostraron una disminución significativa ($p<0,05$), y en el pH de la sangre se observó un aumento significativo ($p<0,05$) sugiriendo un posible efecto de las condiciones de alojamiento, de captura y transporte en el bienestar de los pollos de engorde. La concentración de corticosterona en la sangre no mostró diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$).

Cuadro 2.2. Pruebas de T pareadas para la concentración de lactato en sangre, pH de la sangre, concentración de corticosterona en sangre, temperatura corporal, peso corporal en la granja y en la planta de proceso.

Variable de respuesta o de bienestar animal	Granja	Planta de proceso	Valor de p
Lactato, mmol/L	4,76 ± 1,38	4,47 ± 1,27	0,010
pH sangre	7,50 ± 0,09	7,54 ± 0,08	0,000
Corticosterona, pg/mL	4,75 ± 2,56	5,19 ± 3,35	0,090
Temperatura corporal, °C	40,74 ± 0,84	40,17 ± 0,69	0,000
Peso corporal, g	3141,52 ± 435	3052 ± 420	0,000

Promedio ± DE $p<0,05$

2. Análisis descriptivo

Un análisis descriptivo de otros indicadores de bienestar evaluados en la granja durante la captura y el transporte de los pollos de las 16 granjas se muestra en el Cuadro 2.3.

Cuadro 2.3. Resumen de la estadística descriptiva de los indicadores de bienestar evaluados en la granja, durante la captura, el transporte y previo al sacrificio de pollos de engorde de 16 granjas comerciales.

Indicadores de bienestar	Promedio	Desviación estándar	Moda	Máximo	Mínimo	n
Peso corporal granja, g	3141,00	434,87	2952,00	4383,00	1959,00	480
Peso corporal en planta, g	3052,00	420,06	2564,00	4274,00	1933,00	480
Pérdida de peso, g	89,00	78,17	53,00	712,00	4,00	480
Lactato en granja, mmol/L	4,80	1,40	5,70	9,40	1,20	201
Lactato en planta, mmol/L	4,52	1,33	4,10	9,8	1,7	216
pH sangre en granja	7,50	0,09	7,49	7,82	7,3	210
pH sangre en planta	7,56	0,09	7,48	7,88	7,36	255
Corticosterona en granja, pg/mL	4,75	2,56	3,17	13,9	1,08	148
Corticosterona en planta, pg/mL	5,19	3,35	3,87	21,58	1,00	148
Temperatura corporal granja, °C	40,74	0,84	40,20	42,70	38,00	450
Temperatura corporal planta, °C	40,17	0,69	40,00	42,60	38,00	450
Pollos muertos en captura	3,40	2,58	2,00	10,00	0,00	16
Pollos lesionados en captura	3,60	2,22	2,00	8,00	1,00	16
Pollos no aptos para captura	58,27	44,74	40,00	161,00	17,00	16
Pollos muertos al arribo, %	0,34	0,50	0,18	2,21	0,09	16
Pollos con traumas, %	0,25	0,11	0,11	0,50	0,11	16
Pollos con celulitis, %	0,32	0,17	0,42	0,72	0,08	16
Pollos con caquexia, %	0,31	0,15	0,22	0,8	0,13	16

Algunos pollos murieron durante el procedimiento de captura o se lesionaron. Un promedio de 58 pollos no fue recolectado y se consideró no apto para la captura pues los pollos presentaron problemas locomotores, tamaño pequeño o síntomas de enfermedad como inmovilidad, palidez y plumas erizadas. El porcentaje

promedio de pollos muertos al arribo (DOA) con traumas, celulitis y caquexia se observaron dentro de los porcentajes frecuentemente reportados (0,09-0,46%) (Haslam *et al*. 2009, Mönch *et al*. 2020, Gou *et al*. 2021).

Se evaluaron factores ambientales de la granja y su relación con los indicadores de bienestar como se describe en el Cuadro 2.4. La sensación térmica, temperatura ambiental y humedad relativa ambiental promedio, mostraron valores considerados dentro de la zona termoneutral de los pollos de engorde (Lin *et al*. 2005, Giloh *et a*l. 2012). Sin embargo; se registraron datos máximos que sobrepasan los 24 ºC y 70% de humedad relativa, condiciones que pueden provocar estrés térmico en las aves si se mantienen por tiempo prolongado (Fairchild 2020). La concentración de amoníaco no superó las concentraciones máximas recomendadas (Ritz *et al*. 2004; Aviagen 2017, Aviagen 2018). La velocidad del viento y la intensidad de luz mostraron diferentes valores de acuerdo con el tipo de galera (Cobb Vantress 2021).

Cuadro 2.4. Resumen de la estadística descriptiva de los factores ambientales de la granja, evaluados previo a la captura en 16 granjas comerciales de pollo de engorde.

Indicadores de granja	Promedio	Desviación estándar	Moda	Máximo	Mínimo
Temperatura ambiental galera, °C	24,95	2,01	28,00	28,00	21,30
Humedad relativa galera, %	77,63	8,85	84,70	91,20	60,50
Intensidad luz granja, luxes	19,60	19,89	2,00	73,00	2,00
Concentración amoníaco granja, ppm	5,78	4,51	3,00	16,10	0,00
Velocidad viento granja, ft^3/min	566,67	168,47	660,00	816,00	246,00
Sensación térmica granja, ºC	23,39	2,01	22,300	27,00	19,40

Durante el proceso de captura, los operadores transportaron en promedio tres pollos por mano con un peso promedio por ave de 3,1 kg, un peso total aproximado de 9,3 kg por mano, desde el punto de captura hasta las jaulas. Además, caminaron en promedio 3,78 m para llevar los pollos a las jaulas con una distancia máxima de 9,41 m y un tiempo de captura promedio de 33,13 min por camión (Cuadro 2.5).

Cuadro 2.5. Resumen de la estadística descriptiva de las condiciones de captura evaluadas en 16 granjas comerciales de pollo de engorde.

Indicadores de captura	Promedio	Desviación estándar	Moda	Máximo	Mínimo
Cantidad de puertas	3,40	2,19	1,00	7,00	1,00
Ancho de las puertas, m	3,01	1,29	2,10	4,80	1,20
Distancia de captura promedio, m	3,78	1,24	3,00	7,30	2,50
Distancia del punto más alejado a las jaulas, m	9,41	3,25	10,70	13,60	4,50
Pollos por mano capturados	3,40	0,49	3,00	4,00	3,00
Tiempo de captura, min	33,13	6,56	30,00	47,00	23,00
Distancia de las manos a las jaulas, m	0,89	0,48	0,70	1,60	0,00

El período de ayuno total (agua y alimento) promedio fue de 12,48 horas con un máximo de 14 horas, aunque se ayunó a los pollos de agua en algunas granjas, este período no superó los 19 minutos en promedio, con un máximo de 72 minutos. El ayuno de agua desde la captura al sacrificio fue de 6,50 horas en promedio (Cuadro 2.6).

Cuadro 2.6. Resumen de la estadística descriptiva de las condiciones de ayuno y previas al sacrificio evaluadas en 16 granjas comerciales de pollo de engorde.

Indicadores de ayuno	Promedio	Desviación estándar	Moda	Máximo	Mínimo
Ayuno total, h	12,48	0,85	12,00	14,00	11,12
Ayuno de agua en la granja, min	18,80	22,72	0,00	72,00	0,00
Ayuno total de agua, h (hasta el sacrificio)	6,50	1,50	7,50	8,50	3,50
Ayuno total de alimento, h (hasta el sacrificio)	12,94	1,23	14,00	15,00	11,00
Ayuno de agua, h (al muestreo)	4,46	1,42	4,00	8,50	2,50
Ayuno de alimento, h (al muestreo)	10,66	1,03	10,00	12,50	9,00

Durante el período de espera previo al sacrificio en el andén, la sensación térmica promedio y la temperatura ambiental promedio se mantuvieron dentro de la zona termoneutral de los pollos, no se detectó concentración de amoníaco, luz no velocidad del viento en esta área (Cuadro 2.7).

Cuadro 2.7. Resumen de la estadística descriptiva de las condiciones de transporte y previas al sacrificio de pollos de engorde de 16 granjas comerciales.

Indicadores de transporte	Promedio	Desviación estándar	Moda	Máximo	Mínimo
Temperatura ambiental andén,°C	23,53	1,14	21,80	26,10	21,80
Humedad relativa andén, %	76,68	6,53	77,30	89,70	67,00
Intensidad luz andén, luxes	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00
Concentración amoníaco andén, ppm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Velocidad viento andén, ft^3/min	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sensación térmica andén	23,07	1,05	23,10	25,40	21,30
Tiempo de transporte, h	2,49	0,90	3,00	3,50	0,50
Distancia de transporte, km	69,60	26,98	65,00	118,40	10,00
Cantidad de pollos cargados por jaula	6,40	0,49	6,00	7,00	6,00
Tiempo de espera al sacrificio, h	3,72	0,81	4,00	5,00	2,04
Tiempo de descarga, min	17,00	7,00	15,00	50,00	10,00
Tiempo de espera a la descarga, h	1,35	0,94	2,15	3,10	0,20
Tiempo de colgado, min	47,00	23,00	45,00	90,00	20,00
Tiempo de espera al muestreo, h	1,31	0,65	1,00	2,45	0,15

Las condiciones de transporte se describen en el Cuadro 2.7, el tiempo de transporte promedio en horas fue de 2,49 con un máximo de 3,5 horas. La distancia de transporte promedio fue de 69,6 km con una moda de 65 km. El tiempo de espera total al sacrificio fue de 3,72 horas en promedio con una moda de 4 horas y el tiempo de espera de los pollos en los camiones antes de la

descarga de las cajas en el andén, fue de 1,35 horas con un máximo de 3,10 horas.

La cantidad de pollos por jaula no superó los 7 pollos con un mínimo de 6 cuando los pollos mostraban pesos corporales promedio cercanos a los 3 Kg. El tiempo promedio que tomó descargar las jaulas del camión al andén fue de 17 min y el tiempo que se tardó colgando los pollos de un camión fue de 47 min en promedio. Los pollos esperaron un promedio de 2,37 horas en el andén previo al sacrificio. Los comportamientos observados en las jaulas internas durante el transporte fueron permanecer echados y jadear.

3. Análisis de correlación

El análisis de correlación de todas las variables analizadas se muestra en la Fig. 2.7. La pérdida de peso corporal durante el transporte desde la granja a la planta de proceso y la concentración de corticosterona en sangre no mostraron coeficientes de correlación mayores a 0,5. El lactato en granja presentó asociación negativa con el pH en sangre, la diferencia o cambio en la concentración de lactato en sangre de la granja a la planta de proceso mostró asociación con la distancia de transporte a la planta de proceso y con el porcentaje de caquexia.

El pH de la sangre en granja tuvo asociación positiva con la humedad relativa ambiental, el porcentaje de amoníaco en la granja y con el ayuno de agua y de alimento. El pH en la planta de proceso tuvo correlación positiva con el tiempo de espera. La diferencia en el pH de la sangre de la granja a la planta de proceso

mostró asociación positiva con el tiempo de transporte y el porcentaje de caquexia.

Estos resultados sugieren el uso del pH sanguíneo como posible indicador de asociación de varias condiciones ambientales de la granja, condiciones de captura y transporte asociadas con el bienestar de los pollos. La temperatura corporal solamente mostró asociación negativa con el porcentaje de caquexia lo que indica un aumenta en el porcentaje de caquexia está asociado con la disminución en la temperatura corporal medida en la planta de proceso.

3.1. Indicadores en la granja

El tiempo de ayuno total y el tiempo de ayuno solo de alimento y de agua mostraron asociación positiva con el tiempo y la distancia de transporte. El tiempo de ayuno total también se asoció positivamente con los pollos no aptos para la captura y con el porcentaje de DOA. El tiempo de ayuno de agua en la granja se asoció de forma negativa con el porcentaje de traumas. Las condiciones ambientales de la granja al momento de la captura se asociaron con otras condiciones ambientales como la humedad relativa, la sensación térmica y la concentración de amoníaco. La temperatura ambiental de la granja se asoció positivamente con la sensación térmica y de forma negativa con la humedad relativa y con la concentración de amoníaco.

La humedad relativa ambiental se correlacionó en forma negativa con la sensación térmica, con la velocidad del viento y con los pollos muertos durante la captura.

También se correlacionó positivamente con la concentración de amoníaco y con el porcentaje de celulitis. La intensidad de luz en la granja se correlacionó negativamente con el porcentaje de traumas, caquexia y celulitis y positivamente con los muertos durante la captura. La concentración de amoníaco en la granja mostró asociación negativa con la velocidad del viento y positiva con el porcentaje de pollos lesionados durante la captura.

3.2. Indicadores de captura

La cantidad de pollos capturados por cada mano del operador estuvo negativamente asociada con la distancia entre las manos de los operadores y las jaulas, con la sensación térmica de la granja y con la temperatura ambiental de la galera. Los pollos muertos durante la captura también se asociaron en forma negativa con la mayor distancia de captura y con el porcentaje de celulitis. La cantidad de pollos lesionados durante la captura se asoció positivamente con el tiempo de captura la distancia a las jaulas y la distancia de captura más alejada.

El ancho de las puertas se asoció negativamente con la velocidad del viento. La distancia que debe recorrer el operador para colocar los pollos en las jaulas se correlacionó positivamente con el tiempo de captura y con la mayor distancia de captura. Se observó correlación positiva entre la distancia de los operadores a las jaulas con la cantidad de pollos no aptos para la captura. El tiempo de espera al sacrificio se correlacionó negativamente con la sensación térmica y la temperatura ambiental en el andén y el porcentaje de caquexia.

3.3. Indicadores de transporte y previos al sacrificio

El tiempo de transporte se correlacionó en forma positiva con la distancia de transporte, la humedad relativa del andén y con el tiempo de ayuno total, de agua y de alimento. Se observó correlación negativa del tiempo de transporte con la sensación térmica y con la temperatura ambiental en el andén. La distancia de transporte se mostró correlación positiva con el tiempo de ayuno.

El tiempo de colgado mostró correlación positiva con la sensación térmica. La temperatura ambiental del andén se correlacionó de forma negativa con la humedad relativa en el andén y positiva con la sensación térmica. El porcentaje de DOA se correlacionó en forma positiva con la temperatura termográfica de los pollos en el andén y con el porcentaje de celulitis. El porcentaje de traumas mostró correlación positiva con el porcentaje de celulitis.

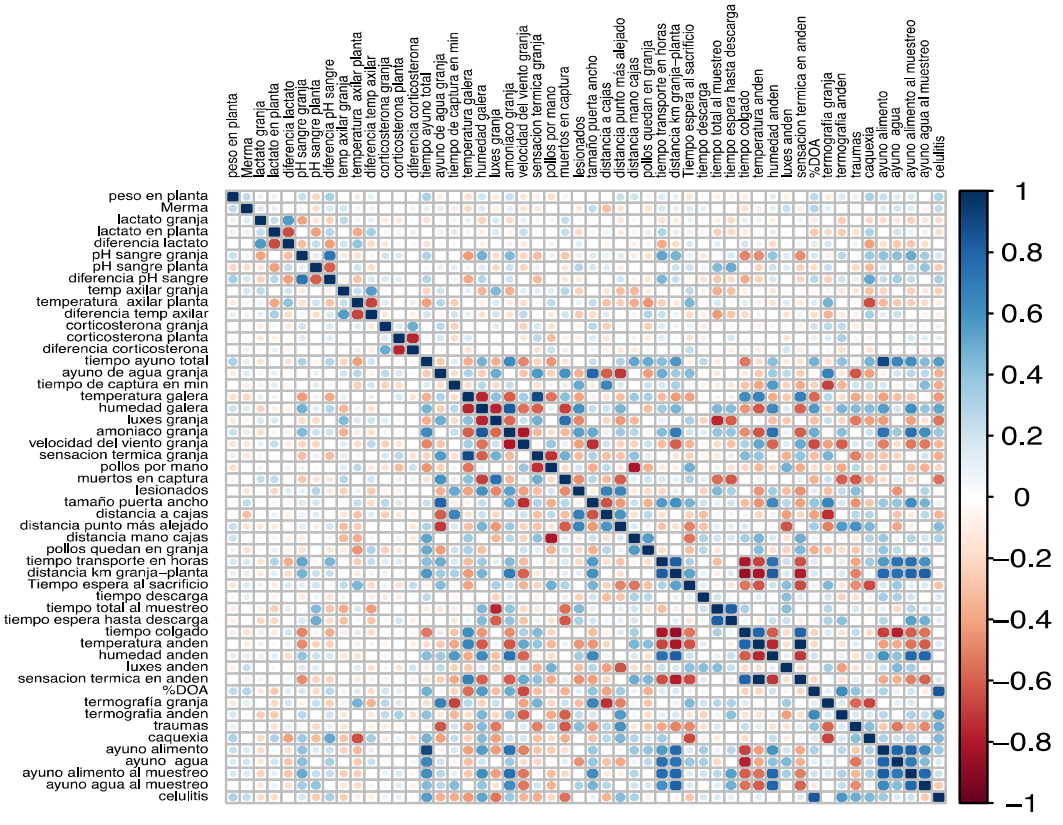


Fig. 2.7. Análisis de correlación de todas las variables analizadas.

4. Análisis de componentes principales

Para disminuir la complejidad del análisis, recoger la información de todas las variables continúas relacionadas con las condiciones pre-sacrificio de los pollos y estudiarlas en forma conjunta, se realizaron análisis multivariados o de componentes principales (CP). Para este análisis las variables se agruparon de acuerdo con el grado de correlación, con su significado biológico y etapas del proceso productivo en los siguientes grupos: granja, ayuno, captura y transporte.

Las variables de termografía en granja, termografía en planta, tiempo de colgado, intensidad luz en el andén, concentración de amoníaco en el andén y velocidad del viento en el andén se eliminaron del análisis debido a poca correlación, ausencia de relación conjunta o de independencia.

Del grupo de variables denominado como granja se extrajeron dos componentes principales que luego fueron rotados mediante el método de varimax con el objetivo de buscar soluciones interpretables del análisis. El primer componente explicó el 31,39% de la variabilidad y el segundo componente el 24,53%, en conjunto explicaron el 55,92% de la varianza observada (Fig. 2.8). Al componente principal 1 se le denominó sensación térmica y al componente principal 2 se le llamó ambiente.

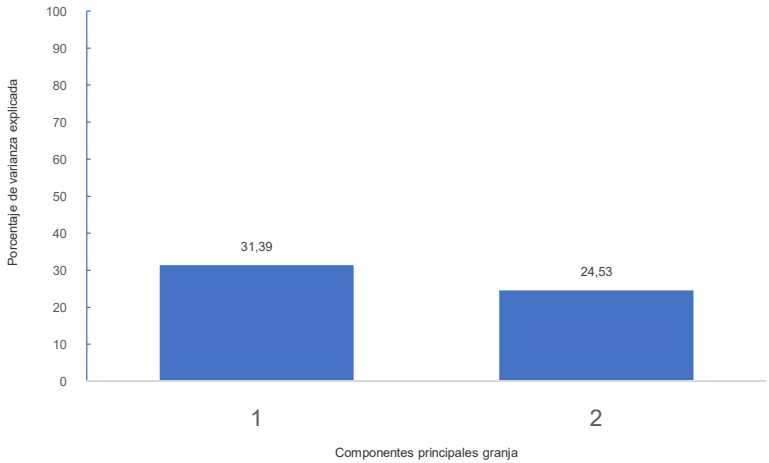


Fig. 2.8. Porcentaje de la varianza explicada por cada componente extraído de los indicadores del grupo denominado granja.

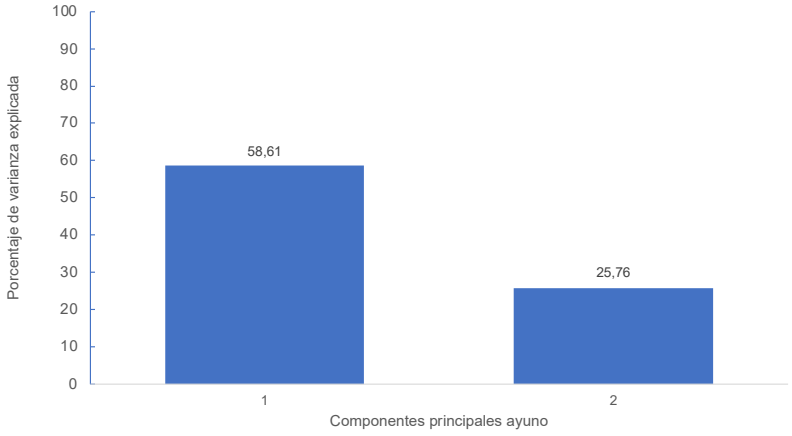


Fig. 2.9. Porcentaje de la varianza explicada por cada componente extraído de los indicadores del grupo denominado ayuno.

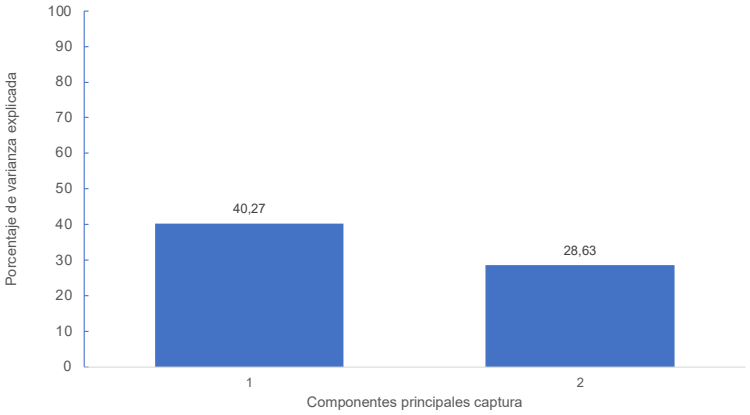


Fig. 2.10. Porcentaje de la varianza explicada por cada componente extraído de los indicadores del grupo denominado captura.

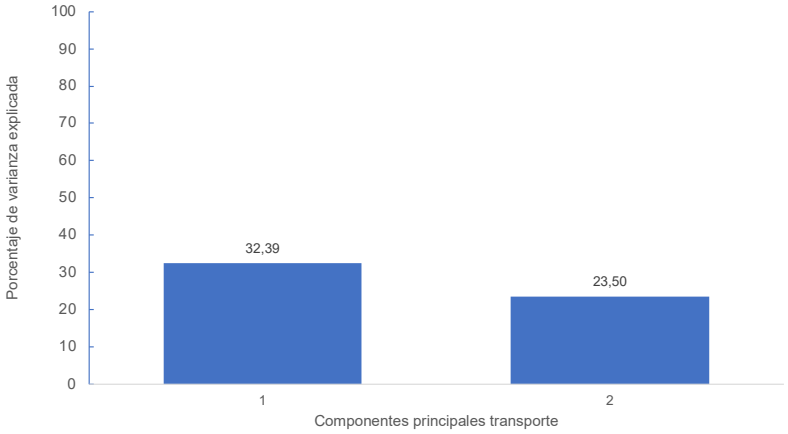


Fig. 2.11. Porcentaje de la varianza explicada por cada componente extraído de los indicadores del grupo denominado transporte.

Para el grupo de variables de ayuno se extrajeron dos componentes, el primero explicó el 58,61% de la variabilidad y el segundo el 25,76%, en conjunto explicaron el 84,37% de la varianza observada (Fig. 2.9). El primer componente principal se denominó ayuno de alimento y el segundo ayuno de agua

Para el grupo de variables de captura se realizó la extracción de dos componentes principales, el primero se llamó condiciones de captura de la granja y explicó el 40,27% de la varianza observada, el segundo componente se denominó condiciones de captura del personal y explicó el 28,63% de la varianza (Fig. 2.10), en conjunto los componentes explicaron el 68,9% de la varianza observada.

En el análisis de componentes principales de las variables de transporte, se extrajeron dos componentes (Fig. 2.11) que en conjunto explicaron el 55,89% de la varianza observada. Al componente 1 se le denominó condiciones del camino y explicó el 32,39% de la varianza y al componente 2 se le llamó condiciones ante-mortem y explicó el 23,50% de la varianza observada. Los componentes se nombraron de acuerdo con las variables con mayor contribución y correlación.

5. Carga factorial

La función o contribución de las variables dentro de cada componente principal se muestra en el Cuadro 2.8. La temperatura ambiental y la sensación térmica fueron las variables que presentaron mayor contribución en el componente 1 de granja y la concentración de amoníaco en el componente 2 de granja denominado

ambiente. En el grupo de transporte, la temperatura ambiental y la sensación térmica en el
andén durante la espera previa al sacrificio fueron las variables con mayor contribución al CP ante-mortem. El tiempo y la distancia de transporte mostraron mayor contribución al CP de condiciones del camino.

En el grupo de variables de captura la cantidad de puertas y la distancia desde el punto más alejado de captura tuvieron la mayor carga factorial en el CP de condiciones de granja y la distancia de las manos a las jaulas y la cantidad de pollos por mano fueron las variables de mayor contribución al CP de condiciones del personal.

En el caso de las variables de ayuno, el tiempo de ayuno total de alimento fue la variable de mayor contribución al CP de ayuno de alimento y el tiempo de ayuno de agua en la granja fue la variable que mostró mayor carga factorial al CP de ayuno de agua.

Cuadro 2.8. Resumen de la carga factorial de las variables dentro de cada componente principal extraído (CP).

CP granja 1		CP granja 2		CP transporte 1		CP transporte 2		CP captura 1		CP captura 2		CP ayuno 1		CP ayuno 2	
Sensación térmica		Ambiente		Condiciones antemortem		Condiciones del camino		Condiciones de la granja		Condiciones del personal		Ayuno de alimento		Ayuno de agua	
Variable	Ptos	Variable	Ptos	Variable	Ptos	Variable	Ptos	Variable	Ptos	Variable	Ptos	Variable	Ptos	Variable	Ptos
Temperatura ambiental	0,79	Amoníaco	0,81	Temp andén	0,83	Tiempo transporte	0,83	Cantidad puertas	0,78	Distancia manos a jaulas	0,82	Ayuno total de alimento	0,98	Ayuno de agua en la granja	0,90
Sensación térmica granja	0,79	Velocidad del viento	0,43	Sensación térmica andén	0,82	Distancia transporte	0,81	Distancia punto más alejado	0,78	Pollos por mano	0,80	Ayuno total	0,79		
Humedad relativa ambiental	0,42	Intensidad de luz	0,38	Humedad andén	0,45	Tiempo al muestreo	0,15	Tamaño puertas	0,52			Ayuno total de agua	0,69		
				Tiempo espera descarga	0,38			Distancia a las jaulas	0,38			Ayuno de alimento muestreo	0,60		
				Pollos por jaula	0,29			Tiempo de captura	0,27			Ayuno agua al muestreo	0,43		
				Tiempo espera al sacrificio	0,19										
				Tiempo de descarga	0,17										

Ptos= puntuación

6. Matrices de componentes rotados

La relación de las granjas evaluadas con las características o variables asociadas a cada componente principal rotado se muestra en la Fig. 2.12. Este análisis permitió realizar una clasificación para las granjas de acuerdo con las variables asociadas a cada CP. De acuerdo con los resultados el 31,25% (5 granjas) de las 16 evaluadas, presentaron buena sensación térmica y un ambiente favorable durante la captura. Solamente el 12,5% (2 granjas) mostraron alta sensación térmica y un ambiente desfavorable.

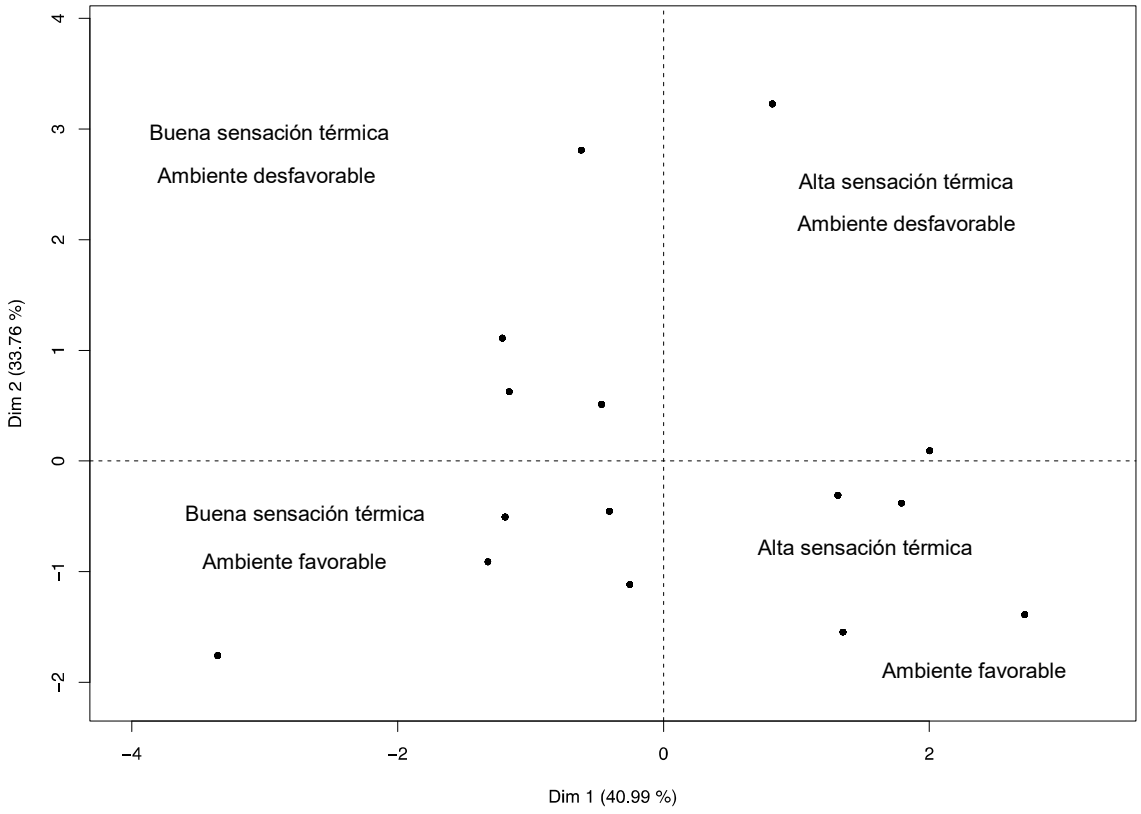


Fig. 2.12. Ubicación de cada una de las granjas evaluadas de acuerdo con las condiciones de la granja, la sensación térmica y las condiciones ambientales de la granja. Dim1=Componente principal 1: sensación térmica, Dim 2= Componente principal 2: ambiente de la granja.

El 40% (6 granjas) mostraron menor tiempo de ayuno de agua en la granja y menor tiempo de ayuno de alimento total al momento del sacrificio. Un 20% (3 granjas) de las capturas tuvo mayor tiempo de ayuno de alimento y de agua, en otro 20% (3 granjas) se observó más tiempo de ayuno de agua en granja y menor tiempo de ayuno total de alimento. En el restante 20% (3 granjas) mostró menor tiempo de ayuno de agua en la granja y mayor ayuno total de alimento (Fig. 12.3).

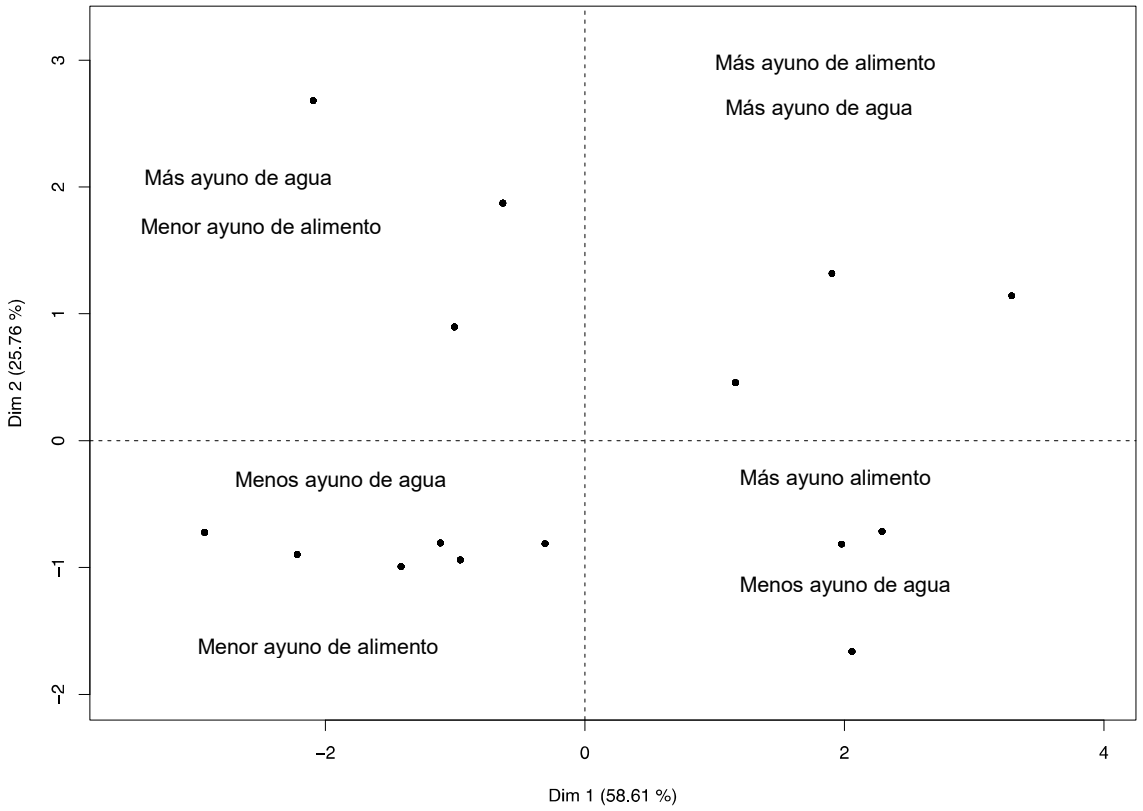


Fig. 2.13. Ubicación de cada una de las capturas de acuerdo con las condiciones de ayuno, el tiempo de ayuno de agua en la granja y el tiempo de ayuno de alimento total.

En el caso de los CP de captura, 6 granjas (40%) mostraron condiciones de la granja favorables para la captura, pero desfavorables para el personal, solo una

granja (6,25%) presentó condiciones favorables de la granja y para el personal. De las 16 granjas, 4 (25%) presentaron condiciones desfavorables tanto de la granja como para el personal. 31,25% (5 granjas) mostraron condiciones de granja desfavorables pero favorables para el personal (Fig. 2.14)

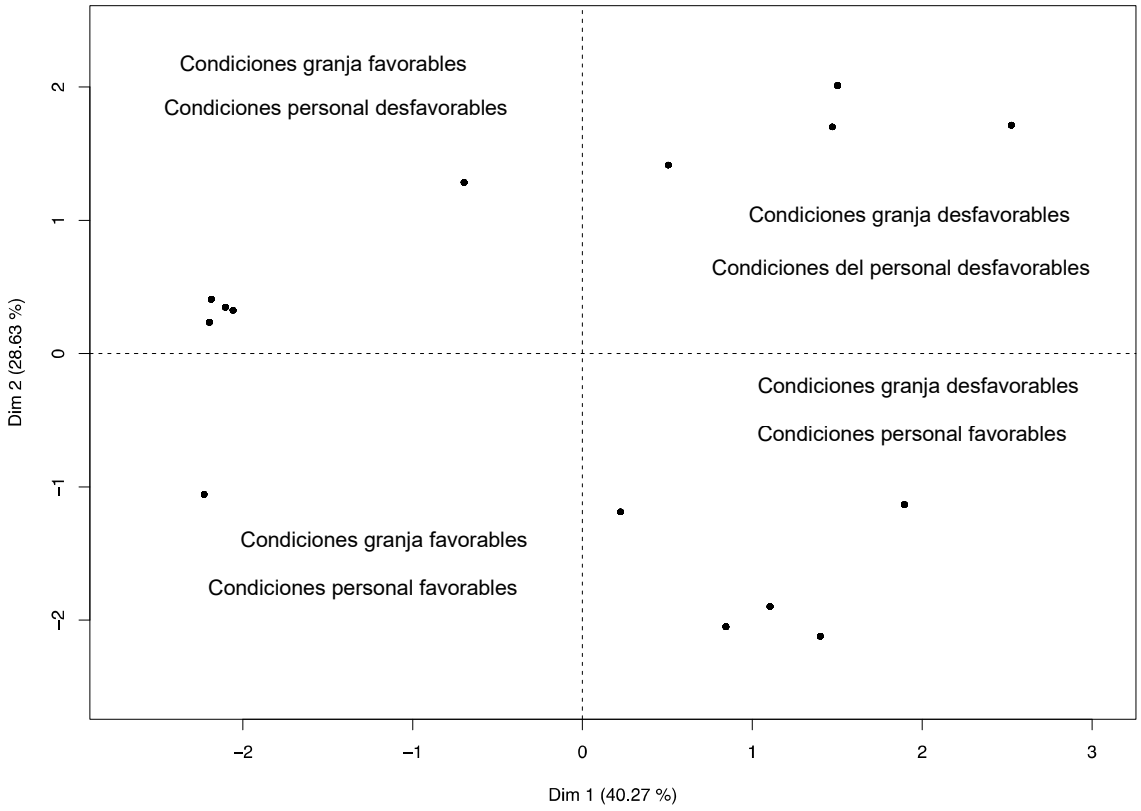


Fig. 2.14. Ubicación de cada una de las capturas evaluadas de acuerdo con las condiciones de captura, las condiciones de la granja y las condiciones del personal.

En el caso de los CP de transporte (Fig. 2.15), 5 de las granjas (31,25%) presentaron condiciones del camino y previas al sacrificio (ante-mortem) favorables, la misma cantidad de granjas (5), mostró condiciones desfavorables en el camino y favorables en el ante-mortem. Tres granjas (18,75%) tuvieron buenas condiciones durante el camino y condiciones desfavorables previas al sacrifico.

Las otras tres granjas presentaron condiciones desfavorables en ambos componentes principales.

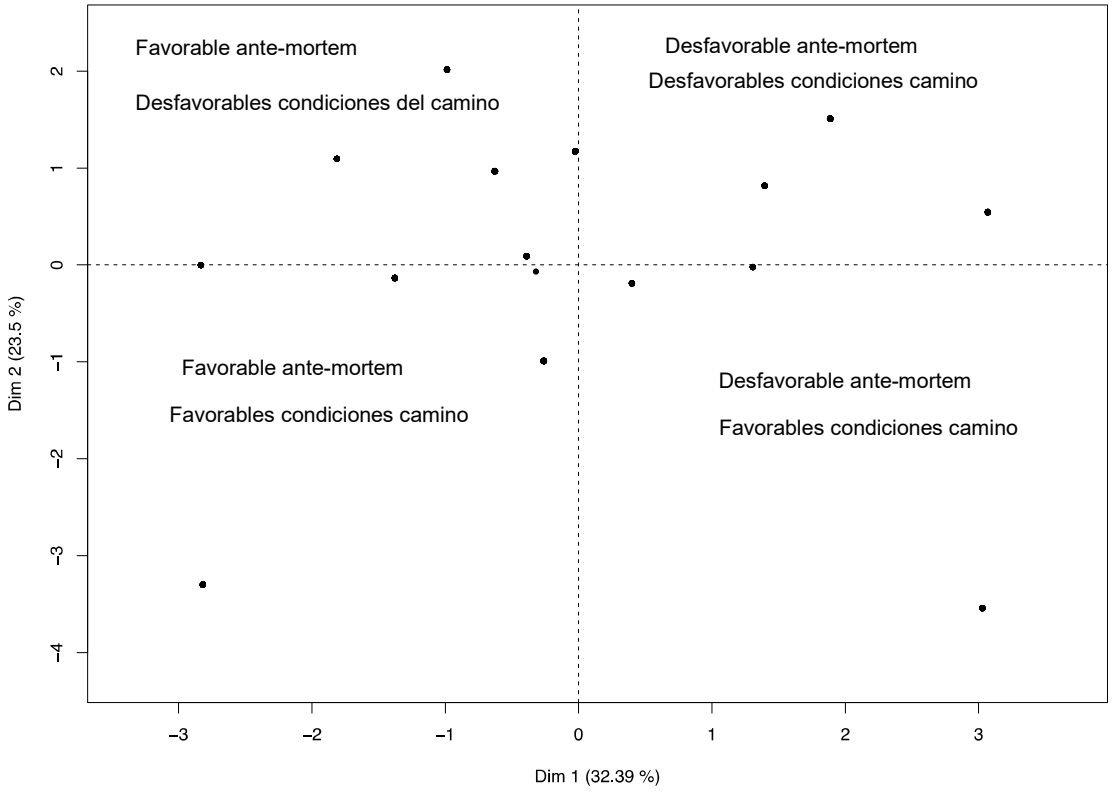


Fig. 2.15. Ubicación de cada uno de los viajes evaluados de acuerdo con las condiciones de transporte, las condiciones del camino y las condiciones previas al sacrificio (ante-mortem).

7. Efecto de los componentes principales sobre el bienestar animal

Para describir la relación entre los componentes principales y los indicadores de bienestar animal se realizaron análisis de regresión lineal simple como se muestra en el Cuadro 2.9. Los componentes principales que explicaron significativamente

($p \leq 0,05$) la variación observada en los indicadores de bienestar fueron los CP1 granja (sensación térmica) y el CP1 ayuno (alimento), los componentes de captura y transporte no mostraron efecto estadísticamente significativo.

Ambos componentes explicaron bajos porcentajes de la varianza observada en los indicadores de bienestar. El CP1 de ayuno explicó significativamente ($p \leq 0,05$) el 4% de la variación observada en el peso corporal de los pollos en la granja, el 4% de la variación del peso de los pollos en la planta de proceso, el 4% de la variación de la concentración de corticosterona en la planta de proceso y el 6% de la variación de los pollos muertos durante la captura.

El CP1 granja (sensación térmica) explicó el 7% de la varianza observada en la concentración de lactato en la granja, 3% de la diferencia en la concentración de lactato de la granja a la planta de proceso, el 4% de la diferencia de pH, el 3% de la temperatura corporal de los pollos en la granja, el 6% de la concentración de corticosterona en la granja, el 13% de los pollos lesionados durante la captura y el 9% de la variación observada en el porcentaje de traumas.

Estos resultados mostraron que por cada aumento en una unidad de ambos componentes fue posible observar un aumento o disminución de 0,02 a 0,80 unidades en la mayoría de los indicadores de bienestar.

Cuadro 2.9. Resumen de las regresiones lineales simples utilizadas para describir la relación entre los componentes principales (CP) y los indicadores de bienestar animal de la granja, ayuno, captura y transporte.

Modelo	Indicador de bienestar (dependiente)	R^2	R^2 ajust	Intercepto	Estimador (β) estandarizado	Error estándar	Ecuación	valor de p
CP ayuno 1 (alimento)	Peso corporal en granja	0,041	0,037	3141,520	-85,670	20,120	y=3141,52-85,67x	0,0000
CP ayuno 1 (alimento)	Peso corporal en planta	0,042	0,038	3052,530	-85,010	19,420	y=3052,53-0,85,01x	0,0000
CP Granja 1 (sensación térmica)	Lactato en granja	0,080	0,070	4,750	0,370	0,100	y=4,75+0,037x	0,0000
CP Granja 1 (sensación térmica)	Diferencia de lactato	0,042	0,032	0,270	0,350	0,120	y=0,27+0,35x	0,0068
CP Granja 1 (sensación térmica)	Diferencia de pH	0,051	0,042	-0,400	-0,023	0,010	y=-0,40-0,023x	0,0011
CP Granja 1 (sensación térmica)	TEMPA en granja	0,034	0,030	40,740	-0,140	0,0380	y=40,74-0,14x	0,0003
CP Granja 1 (sensación térmica)	CORT granja	0,071	0,058	4,670	-0,690	0,210	y=4,67-0,69x	0,0011
CP ayuno 1 (alimento)	CORT planta	0,040	0,027	5,060	-0,600	0,280	y=5,06-0,60x	0,0319
CP Granja 1 (sensación térmica)	Lesionados en granja	0,130	0,130	3,600	0,800	0,100	y=3,60+0,80x	0,0000
CP ayuno 1 (alimento)	Muertos a la captura	0,064	0,060	3,140	-0,640	0,120	y=3,14-0,64x	0,0000
CP Granja 1 (sensación térmica)	Traumas	0,092	0,088	0,250	0,040	0,005	y=0,25+0,04x	0,0000

TEMPA= temperatura corporal, CORT=corticosterona, significancia= $p < 0,5$

Y fue posible observar una disminución de 85 gr en el peso corporal en la granja y en la planta de proceso por cada unidad de aumento para los CP respectivos.

El Cuadro 2.10 muestra que el modelo constituido por el CP1 granja (sensación térmica) y el CP1 ayuno (alimento) explicó el 19% de la variabilidad observada en el porcentaje de celulitis, el 12% del porcentaje de DOA, y el 9% de la caquexia. Por cada aumento de una unidad en las variables que componen el CP1 granja fue posible observar una disminución de 0,06 % en las lesiones por celulitis y por cada unidad de aumento en las variables del CP1 ayuno fue posible observar una disminución de 0,05% en la celulitis.

En el caso del porcentaje de DOA por cada aumento de una unidad en el CP1 granja fue posible observar una disminución de un 16% en el porcentaje de pollos muertos al arribo y por cada unidad de aumento en el CP1 de ayuno fue posible obtener una disminución de 0,07% de DOA. Por cada unidad de aumento en el CP1 granja fue posible obtener una disminución de 0,03% de casos de caquexia y por cada aumento de unidad en el CP1 de ayuno un aumento de 0,04%.

Cuadro 2.10. Resumen de las regresiones lineales múltiples utilizadas para describir la relación de los componentes principales (CP) con los indicadores de bienestar animal de la granja, ayuno, captura y transporte.

Modelo	Variable de bienestar	β estandarizado	R^2	R^2 ajustado	Intercepto	Error estándar	Ecuación	Valor de p
CP granja 1 (sensación térmica)	Celulitis	-0,061	0,191	0,187	0,320	0,007	0,320-0,061x-0,046x	0,0000
CP ayuno 1 (ayuno de alimento)		-0,046						0,0000
CP granja 1 (sensación térmica)	DOA	-0,160	0,130	0,120	0,380	0,022	0,38-0,16x-0,07x	0,0000
CP ayuno 1 (ayuno de alimento)		-0,070						0,0000
CP granja 1 (sensación térmica)	Caquexia	-0,031	0,095	0,091	0,310	0,007	0,31-0,031x+0,036x	0,0000
CP ayuno 1 (ayuno de alimento)		0,036						0,0000

DOA= porcentaje de pollos muertos al arribo ($p < 0,5$).

8. Análisis de variables categóricas

En este trabajo se evaluaron los efectos individuales de 10 variables categóricas sobre los indicadores de bienestar de los pollos. Las variables evaluadas fueron el tipo de granja (ventilación natural o ambiente controlado), el tipo de captura (con las jaulas dentro de la galera o fuera de la galera), la posición de las jaulas dentro del camión (laterales y en el centro del camión), el clima de la granja durante la captura y el clima durante el camino (soleado o lluvioso) y el clima de la planta de proceso durante el período de espera previo al sacrificio (despejado y nublado).

También se observó la relación entre el momento en que se realizó la captura (tarde o noche), el momento del día en que se realizó el sacrificio (noche o madrugada), la condición del camino (presencia de curvas más camino de lastre y camino pavimentado con tramos de autopista) y el grupo de operadores que realizó la captura (cuadrilla) sobre los indicadores de bienestar animal. Se analizaron las interacciones del momento de la captura con el clima de la granja y de la posición de las jaulas en el camino con el clima del camino durante el período de transporte. Todas las variables evaluadas mostraron efectos significativos ($p<0,1$) en al menos uno de los indicadores de bienestar tanto fisiológicos como los que evaluaron las condiciones de captura, de transporte y de las condiciones previas al sacrificio.

El tipo de galera mostró diferencias significativas ($p<0,1$) para las variables fisiológicas con excepción de la pérdida de peso, la concentración de lactato en

sangre y el cambio en la concentración de corticosterona durante el viaje (diferencia de corticosterona), se observaron valores más altos en los pollos provenientes de las galeras con ventilación natural (Cuadro 2.11). La cantidad de pollos no aptos para la captura y los porcentajes de DOA, caquexia y celulitis también mostraron diferencias significativas ($p<0,1$) de acuerdo con el tipo de alojamiento (Cuadro 2.12).

El tipo de captura mostró diferencias significativas ($p<0,1$) en la diferencia en la concentración de lactato, la diferencia del pH de la sangre, en la cantidad de pollos muertos y lesionados durante la captura, en el porcentaje de DOA, traumas, caquexia y celulitis. Todos los indicadores, con excepción del porcentaje de DOA, mostraron valores superiores cuando la captura se realizó con las jaulas fuera de la galera.

Las condiciones climáticas de la granja (lluvioso y soleado) durante la captura mostraron diferencias significativas ($p<0,1$) en la concentración de lactato en la granja, en la diferencia en la concentración de lactato entre la granja y la planta de proceso, en la concentración de corticosterona en la granja, en la diferencia en la temperatura corporal y en la temperatura corporal en la granja con valores superiores para las condiciones soleadas. Además, se observaron diferencias significativas ($p<0,1$) en la cantidad de pollos muertos y no aptos para la captura y en el porcentaje de DOA, traumas y celulitis, con valores superiores durante las condiciones lluviosas para la mayor parte de los indicadores.

Fue posible observar diferencias significativas ($p<0,1$) debidas al momento en que se realizó la captura de las aves tanto en la diferencia en la concentración de lactato en sangre como en el cambio en la temperatura corporal de la granja a la planta de procesamiento. El efecto significativo ($p<0,1$) de la interacción entre el momento de captura y el clima de la granja mostró diferentes efectos si la captura se llevó a cabo en la tarde o en la noche y si el clima de la granja fue soleado o lluvioso sobre la diferencia en el pH de la sangre, en la diferencia de temperatura corporal de los pollos de la granja a la planta de proceso, en la cantidad de pollos muertos durante la captura y en los porcentajes de DOA, traumas, caquexia y celulitis.

Cuadro 2.11. Análisis de varianza del efecto del tipo de granja, tipo de captura, clima de la granja y momento de la captura sobre las variables fisiológicas de bienestar animal.

Efectos principales		Diferencia peso	Lactato granja	Diferencia lactato	pH sangre granja	Diferencia pH	CORT granja	Diferencia CORT	TEMP granja	Diferencia TEMP
Tipo de galera (G)	Natural	87,10 ± 59,75	4,53 ± 1,79	0,16 ± 2,31	7,53 ± 0,08	0,00 ± 0,10	5,84 ± 2,27	0,12 ± 3,24	40,97 ± 0,62	0,69 ± 0,79
	Controlado	89,93 ± 85,99	4,87 ± 1,15	0,49 ± 1,38	7,48 ± 0,08	0,06 ± 0,10	4,28 ± 2,55	0,38 ± 4,55	40,63 ± 0,91	0,51 ± 0,90
Tipo de captura (C)	Jaulas dentro	96,14 ± 70,58		0,20 ± 2,03		0,01 ± 0,10		0,21 ± 4,16		0,60 ± 0,78
	Jaulas afuera	84,21 ± 82,21		0,59 ± 1,46		0,06 ± 0,10		0,69 ± 4,19		0,55 ± 0,92
Clima de granja (CL)	Soleado	82,53 ± 45,44	5,01 ± 1,25	0,64 ± 1,41	7,50 ± 0,08	0,04 ± 0,10	5,23 ± 2,49	0,36 ± 3,59	41,60 ± 0,60	0,66 ± 0,77
	Lluvioso	96,37±103,26	4,47 ± 1,48	0,12 ± 1,99	7,50 ± 0,10	0,04 ± 0,11	4,07 ± 2,53	0,21 ± 4,95	40,44 ± 0, 96	0,46 ± 0, 96
Momento captura (M)	Tarde	89,99 ± 73,99		0,08 ± 1,77		0,04 ± 0,10		0,36 ± 4,11		0,71 ± 0,82
	Noche	86,97 ± 86,14		0,98 ± 1,46		0,04 ± 0,12		0,15 ± 4,44		0,28 ± 0, 88
Fuente variación										
G		0,117	0,747	0,314	0,001	0,018	0,000	0,728	0,000	0,031
C		0,112		0,001		0,000		0,193		0,496
CL		0,654	0,0137	0,007	0,296	0,749	0,013	0,797	0,000	0,002
M		0,699		0,002		0,950		0,786		0,000
M X CL		0,497		0,271		0,000		0,430		0,005

G= tipo de galera, C= tipo de captura, CL=clima de la granja, M= momento de la captura, M X CL= momento de la captura x clima de la granja, CORT= concentración de corticosterona, TEMP = temperatura corporal, DE=desviación estándar.

Cuadro 2.12. Análisis de varianza del efecto del tipo de galera, tipo de captura, clima de la granja y momento de la captura sobre la cantidad de pollos lesionados, muertos y no aptos para la captura, el porcentaje de pollos muertos al arribo (DOA), de traumas, caquexia y celulitis.

Efectos principales		Pollos lesionados en la captura	Pollos no aptos para la captura	Pollos muertos en la captura	% DOA	% traumas	% caquexia	% celulitis
Tipo de galera (G)	Natural	3,20 ± 1,95	28,80 ± 13,66	3,20 ± 3,44	0,71 ± 0,76	0,22 ± 0,10	0,29 ± 0,08	0,41 ± 0,24
	Controlado	3,80 ± 2,32	73,00 ± 47,54	3,50 ± 2,02	0,21± 0,10	0,27 ± 0,12	0,32 ± 0,18	0,27 ± 0,10
Tipo de captura (C)	Jaulas dentro	3,00 ± 1,92	31,83 ± 12,25	3,33 ± 3,36	0,63 ± 0,36	0,22 ± 0,09	0,29 ± 0,28	0,39 ± 0,22
	Jaulas afuera	4,00 ± 2,31	75,89 ± 49,62	3,44 ± 1,90	0,21 ± 0,07	0,28 ± 0,12	0,32 ± 0,19	0,28 ± 0,11
Clima de la granja (CL)	Soleado	3,75 ± 2,11	44,12 ± 43,64	3,00 ± 2,88	0,49 ± 0,66	0,29 ± 0,11	0,31 ± 0,08	0,37 ± 0,21
	Lluvioso	3,43 ± 2,33	74,43 ± 40, 38	3,86 ± 2,10	0,25 ± 0, 11	0,22 ± 0, 10	0,30 ± 0,28	0,47 ± 0,11
Momento de Captura (M)	Tarde	3,10 ± 1,98	64,10 ± 50,18	4,00 ± 2,90	0,24 ± 0,10	0,27 ± 0,12	0,33 ± 0,17	0,28 ± 0,10
	Noche	4,60 ± 2, 34	46,60 ± 27, 80	2,20 ± 0, 98	0,65 ± 0, 79	0,22 ± 0, 11	0,53 ± 0,14	0,40 ± 0, 25
Fuente de variación					Valor de P			
G		0,723	0,000	0,248	0,000	0,067	0,033	0,000
C		0,000	0,000	0,640	0,000	0,000	0,028	0,000
CL		0,339	0002	0,000	0,000	0,000	0,240	0,000
M		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M X CL		0,003	0,057	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

G= tipo de galera, C= tipo de captura, CL=clima de la granja, M= momento de la captura, M X CL= momento de la captura x clima de la granja, DE=desviación estándar.

Cuando se evaluaron las condiciones del transporte y del período previo al sacrificio o ante-mortem, fue posible observar diferencias significativas ($p<0,1$) en el efecto de la condición del camino para la mayoría de los indicadores evaluados con excepción del pH de la sangre en la planta de proceso y la diferencia en la concentración de corticosterona y en la temperatura corporal desde la granja a la planta de procesamiento (Cuadro 2.13).

El camino con curvas y lastre mostró los valores más altos para la mayor parte de los indicadores. La temperatura corporal en la planta de proceso, la diferencia en la temperatura entre la granja y la planta y el porcentaje de traumas y de celulitis (Cuadro 2.14) mostraron valores superiores en el camino pavimentado y con tramos de autopista.

El efecto de las condiciones ambientales del camino durante el transporte de la granja a la planta de proceso (soleadas o lluviosas) mostró diferencias significativas ($p<0,1$) en varios indicadores de bienestar con excepción de la diferencia de pH en sangre, diferencia de corticosterona, de temperatura corporal y en el porcentaje de lesiones por caquexia. Para los indicadores fisiológicos fue posible observar valores más altos cuando el clima estuvo lluvioso.

Al analizar la posición de las jaulas en el camión, las jaulas ubicadas en el centro mostraron diferencias significativas ($p<0,1$) con respecto a las ubicadas en la parte externa del camión para todos los indicadores de bienestar excepto para la temperatura corporal en la planta de proceso. Se observaron valores superiores

en la mayor parte de los indicadores para los pollos ubicados en las jaulas internas del camión.

Cuadro 2.13. Análisis de varianza del efecto de la condición del camino, clima del camino, clima de la planta de proceso, hora del sacrificio y posición de las jaulas en el camión sobre las variables fisiológicas de bienestar animal.

Efectos principales		Diferencia peso	Lactato planta	Diferencia lactato	pH sangre planta	Diferencia pH	CORT planta	Diferencia CORT	TEMP planta	Diferencia TEMP
Condición camino (CC)	curvas	98,01 ± 86,02	4,64 ± 1,34	0,19 ± 1,90	7,54 ± 0,08	0,02 ± 0,10	5,79 ± 3,82	0,51 ± 4,86	40,02 ± 0,71	0,55 ± 0,88
	autopista	74,89 ± 62,24	4,21 ± 1,11	1,05 ± 1,08	7,54 ± 0,07	0,07 ± 0,10	4,33 ± 2,33	0,01 ± 3,00	40,41 ± 0,60	0,60 ± 0,85
Clima camino (CLC)	soleado	68,87 ± 26,91	4,32 ± 1,10	0,63 ± 1,12	7,51 ± 0,06	0,03 ± 0,09	4,70 ± 2,66	0,01 ± 3,58	40,40 ± 0,48	0,51 ± 0,67
	lluvioso	96,30 ± 88,50	4,52 ± 1,32	0,18 ± 1,88	7,55 ± 0,08	0,04 ± 0,11	5,46 ± 3,66	0,46 ± 4,50	40,09 ± 0,74	0,59 ± 0,93
Posición de jaulas (PJ)	laterales	88,70 ± 75,08	4,48 ±1,24	0,06 ± 1,93	7,53 ± 0,07	0,02 ± 0,11	5,56 ± 3,57	0,51 ± 4,84	40,15 ± 0,69	0,55 ± 0,91
	Internas	89,64 ± 82,97	4,57 ± 1,32	0,58 ± 1,42	7,55 ± 0,08	0,07 ± 0,09	4,70 ± 3,00	0,02 ± 3,12	40,22 ± 0,70	0,60 ± 0,79
Clima planta (CP)	despejado	86,85 ± 74,28	4,62 ± 1,26	0,25 ± 1,42	7,52 ± 0,07	0,03 ± 0,09	4,98 ± 3,29	0,18 ± 4,09	40,20 ± 0,64	0,74 ± 0,78
	nublado	92,19 ± 83,77	4,24 ± 1,26	0,34 ± 2,16	7,57 ± 0,08	0,05 ± 0,12	5,78 ± 3,50	0,63 ± 4,48	40,13 ± 0,76	0,31 ± 0,93
Hora de sacrificio HS	madrugada	80,69 ± 47,32	4,16 ± 1,16	0,55 ± 5,01	7,60 ± 0,10	0,06 ± 0,11	5,96 ± 4,02	0,55 ± 5,01	40,19 ± 0,41	0,56 ± 0,72
	noche	91,06 ± 84,06	4,57 ± 1,29	0,25 ± 4,00	7,52 ± 0,06	0,03 ± 0,10	5,02 ± 3,18	0,25 ± 4,00	40,17 ± 0,75	0,57 ± 0,90
Fuente de variación		Valor de p								
CC		0,002	0,022	0,000	0,867	0,003	0,008	0,476	0,000	0,517
CLC		0,007	0,027	0,022	0,003	0,117	0,061	0,154	0,000	0,85
PJ		0,025	0,000	0,000	0,009	0,000	0,005	0,002	0,159	0,000
CP		0,479	0,044	0,719	0,000	0,000	0,202	0,566	0,296	0,000
HS		0,261	0,059	0,001	0,000	0,168	0,190	0,739	0,828	0,948
PJ x CLC		0,787	0,769	0,007	0,796	0,495	0,459	0,806	0,129	0,585

CC= condición del camino, CLC= clima del camino, PJ=posición de la jaula, CP= clima de la planta, HS=hora de sacrificio, PJ X CLC= posición de la jaula en el camión x clima del camino, CORT= concentración de corticosterona, TEMP = temperatura corporal, DE=desviación estándar

Cuadro 2.14. Análisis de varianza del efecto de la condición del camino, clima del camino, clima de la planta de proceso, hora del sacrificio y posición de las jaulas sobre los porcentajes de pollos muertos al arribo (DOA), traumas, caquexia y celulitis.

Efectos principales		DOA, %	Traumas, %	Caquexia, %	Celulitis, %
Condición del camino (CC)	Curvas	0,43 ± 0,64	0,23 ± 0,11	0,34 ± 0,19	0,30 ± 0,19
	Autopista	0,41 ± 0,58	0,30 ± 0,12	0,26 ± 0,07	0,35 ± 0,15
Clima del camino (CLC)	Soleado	0,28 ± 0,14	0,32 ± 0,12	0,30 ± 0,08	0,35 ± 0,18
	Lluvioso	0,29 ± 0,09	0,23 ± 0,11	0,31 ± 0,17	0,31 ± 0,70
Posición de las jaulas (PJ)	Laterales	0,37 ± 0,50	0,25 ± 0,11	0,31 ± 0,16	0,33 ± 0,18
	Internas	0,38 ± 0,51	0,26 ± 0,12	0,34 ± 0,18	0,31 ± 0,17
Clima de la planta (CP)	Despejado	0,24 ± 0,12	0,27 ± 0,11	0,34 ± 0,18	0,32 ± 0,21
	Nublado	0,58 ± 0,74	0,24 ± 0,12	0,32 ± 0,08	0,32 ± 0,21
Hora de sacrificio (HS)	Noche	0,25 ± 0,12	0,25 ± 0,12	0,26 ± 0,11	0,29 ± 0,14
	Madrugada	0,87 ± 0,96	0,26 ± 0,11	0,26 ± 0,10	0,42 ± 0,24
Fuente de variación		Valor de p			
CC		0,005	0,000	0,000	0,002
CLC		0,065	0,000	0,682	0,003
PJ		0,014	0,000	0,001	0,000
CP		0,000	0,009	0,000	0,742
HS		0,000	0,392	0,556	0,000
PJ x CLC		0,000	0,000	0,000	0,000

CC= condición del camino, CLC= clima del camino, PJ=posición de la jaula en el camión, CP= clima de la planta, HS=hora de sacrificio, PJ X CLC= posición de la jaula en el camión x clima del camino, DE=desviación estándar.

Cuando se evaluaron las condiciones de espera previas al sacrificio fue posible observar un efecto significativo ($p<0,1$) en el pH de la sangre en la planta, en la diferencia de pH de la granja a la planta, en la diferencia en la temperatura corporal, en el porcentaje de DOA, caquexia y en los traumas, debido a las condiciones ambientales del andén (nublado y despejado), donde permanecieron los pollos en las jaulas previo al colgado y sacrificio (Cuadro 2.14).

La hora o momento en la que se llevó a cabo el sacrificio (madrugada o noche) tuvo efecto significativo ($p<0,1$) solamente en la concentración de lactato en la planta de proceso, en la diferencia de lactato, en el pH de la sangre en la planta y en el porcentaje de DOA y de celulitis.

La interacción entre los efectos de la posición de la jaula y el clima del camino mostró efectos diferentes y significativos ($p<0,1$) si la jaula se ubicó en la parte central del camión o afuera y si el clima del camino fue soleado o lluvioso para la diferencia en la concentración de lactato como única variable fisiológica y para el porcentaje de DOA, traumas, caquexia y celulitis.

En este trabajo se estudió el efecto de tres grupos diferentes de operarios o cuadrillas de captura sobre los indicadores de bienestar y se observaron efectos significativos ($p<0,1$) en la diferencia de lactato en sangre de la granja a la planta de proceso, en la diferencia de pH en sangre, en el pH en la planta, en la temperatura corporal en la planta, en la cantidad de pollos muertos y lesionados durante la captura y en el porcentaje de DOA, celulitis y caquexia, lo que sugiere

un efecto importante del factor humano sobre el bienestar de los pollos durante la captura (Cuadro 2.15).

Cuadro 2.15. Análisis de varianza para los tres grupos de operarios o cuadrillas de captura y las variables de bienestar de los pollos.

	Cuadrilla de captura			
	1	2	3	Valor de p
Diferencia de peso, g	94,84 ± 88,17	87,28 ± 79,80	80,69 ± 47,32	0,1470
Diferencia concentración de lactato, mmol/L	0,42 ± 1,91 a	0,57 ± 1,46 bc	0,98 ± 1,46 c	0,0000
Concentración lactato planta de proceso, mml/L	4,57 ± 1,41	4,56 ± 1,17	4,16 ± 1,16	0,1150
Diferencia concentración corticosterona, pg/mL	1,12 ± 4,05	0,22 ± 3,92	0,55 ± 5,01	0,4240
Concentración corticosterona planta, pg/mL	5,25 ± 4,00	4,89 ± 2,67	5,96 ± 4,02	0,5120
Diferencia de pH en sangre	0,01 ± 0,11 a	0,05 ± 0,09b	0,06 ± 0,11 bc	0,0136
pH sangre en la planta	7,54 ± 0,07ab	7,51 ± 0,06b	7,60 ± 0,10c	0,0014
Diferencia en temperatura corporal, °C	0,69 ± 0,94	0,45 ± 0,85	0,56 ± 0,72	0,1030
Temperatura corporal en la planta, °C	39,89 ± 0, 78a	40,45 ± 0,60b	40,19 ± 0,41c	0,0000
Pollos lesionados en la captura	3,33 ± 2,22 a	3,17 ± 1,78 ab	5,00 ± 2,46c	0,0000
Pollos no aptos para la captura	52 ± 20,87	74,83 ± 60,40	54,90 ± 37,67	0,3070
Pollos muertos en la captura	2,00 ± 1,29 a	5 ,33± 2,82 b	2,33 ± 1,25 ac	0,0001
DOA, %	0,23 ± 0,10 ab	0,27 ± 0,14 b	0,87 ± 0,96 c	0,0000
Pollos con traumas, %	0,27 ± 0,30	0,23 ± 0,09	0,26 ± 0,11	0,1500
Pollos con celulitis, %	0,25 ± 0,11 a	0,34 ± 0,16 b	0,42 ± 0,24 c	0,0000
Pollos con caquexia, %	0,36 ± 0, 21 a	0,25 ± 0,08 b	0,32 ± 0,08c	0,0003

DE=desviación estándar

Discusión

1. Indicadores fisiológicos

Los pollos de engorde experimentan una serie de sensaciones causantes de estrés durante el ayuno, la captura y el transporte de las granjas a las plantas de cosecha (Mitchell y Kettlewell 1998). El estrés se considera una respuesta adaptativa o protectora del cuerpo para prevenir o minimizar los efectos nocivos de los agentes causantes de estrés (Terlouw *et al*. 2008).

Debido a que no existe un punto de corte para cada variable fisiológica en particular, en un momento determinado y a que la respuesta homeostática al estrés es fisiológicamente compleja, se recomienda aplicar una combinación de indicadores para evaluar de manera más objetiva el estrés en los animales de granja (Mason y Mendl 1993). El estrés fisiológico puede ser evaluado utilizando una serie de indicadores como los utilizados en este estudio. La concentración de lactato en sangre, la temperatura corporal y la diferencia de peso corporal de los pollos mostraron una disminución significativa ($p<0,05$) desde la captura a la planta de proceso.

En este estudio el lactato disminuyó significativamente ($p<0,05$) por efecto del transporte. Delezie *et al*. (2007) y Martín Medina-Vara *et al*. (2016) también encontraron disminución en la concentración de lactato en sangre en pollos de engorde evaluados después del período de transporte de tres horas y previo al

sacrificio. Durante el período de ayuno, la captura, el transporte y la espera previos al sacrificio, los pollos experimentan reducción de sus reservas energéticas (glucógeno) lo que reduce su capacidad para enfrentarse de manera adecuada al medio ambiente y utilizan mecanismos anaerobios como la glicólisis para la producción de energía con producción de lactato como vía alterna (Savenije 2001). Además, las hormonas del estrés agudo, adrenalina y noradrenalina estimulan la producción de lactato (Scanes 2015). El aumento en la acidez de la sangre es compensado por el sistema buffer del cuerpo (Scanes 2015), lo cual se refleja en un aumento en el pH de la sangre y una disminución en la concentración de lactato en sangre como las observadas en este trabajo.

Resultados similares a los observados fueron obtenidos por Mitchell y Kettlewell (1998), quienes encontraron aumento en el pH de la sangre producto del estrés térmico provocado por el transporte. Además del efecto buffer en la sangre, el aumento en la frecuencia respiratoria debido al jadeo, mecanismo que utilizan los pollos para perder calor, produce eliminación excesiva de dióxido de carbono y aumento en el pH de la sangre (Scanes 2015). Por el contrario, Martín Medina-Vara *et al*. (2016) no observaron disminución en el pH de la sangre de pollos durante el transporte.

La concentración de corticosterona no mostró un aumento significativo en los pollos de la granja a la planta de cosecha. Mitchell y Kettlewell (1998), Delezie *et al.* (2007) y Ondrasovicova (2008) encontraron un aumento en la concentración de

corticosterona en sangre durante el transporte de pollos de engorde en viajes de 30 minutos de duración.

La corticosterona en plasma aumentó por efecto de la captura y transporte en un estudio realizado por Gou *et al*. (2021). Los autores observaron que la concentración de corticosterona aumentó 30 minutos después de iniciado el viaje, pero disminuyó después de una hora de transporte. En este trabajo la concentración de corticosterona se midió en un rango de 45 minutos a 5,25 horas del inicio del viaje a la toma de muestra, es posible que un aumento significativo en la concentración de corticosterona no haya sido observado por efecto de la duración del viaje. Vosmerova *et al*. (2010) sugieren que la captura y la colocación de los pollos en las jaulas son más estresantes que el transporte por sí mismo. Estos autores también observaron aumento y posterior disminución de la concentración de corticosterona en viajes de mayor duración.

La pérdida de peso corporal promedio observada en este estudio fue de 89 g (2,83%) con un rango de 4 a 712 gramos (Cuadro 3). Las principales causas asociadas a la pérdida de peso durante el transporte son el método de captura, la distancia y el tiempo de transporte, el tiempo de espera antes del sacrificio, la densidad en las jaulas, las condiciones climáticas, las temperaturas ambientales y la época del año (Knowles y Broom 1990). Arikan *et al*. (2017) obtuvieron pérdidas de 259,40 -350,14 g en pollos transportados en Turquía. Estos autores observaron mayor pérdida de peso en distancias similares a las estudiadas en este trabajo (307,35 g) pero en condiciones ambientales diferentes (4 estaciones bien

definidas. Otro estudio realizado en Eslovaquia reporta pérdidas de 100 a 306 g (Ondrasovicova 2008) con menores tiempos de transporte (45 min a 2,0 h). Sowińska (2013) observó 1,41 a 2,83% de pérdida de peso con distancias mayores a las estudiadas en este trabajo (200 a 300 km) en Polonia. Se ha observado que pérdidas superiores al 3,0% afectan la calidad de la carne (Yue *et al.* 2010). Pérdidas de peso de 3,76 a 6,80% fueron reportadas por Al-obaidy *et al.* (2020) en tiempos de transporte de 3,0 a 9,0 h. Hussnain *et al*. (2020) encontraron pérdidas de 0,84, 5,12 y 5,63% en Irak con distancias de transporte de 3,0, 6,0 y 9,0 h respectivamente. Se ha estimado que de una pérdida de peso de 6% durante el transporte, el 4,2% representa pérdida por si misma y el 1,8% se debe a las excretas (Taylor *et al.* 2017).

La temperatura corporal se utiliza como un indicador del estado interno del ave resultante del estrés térmico que experimentan los pollos dentro de las jaulas (Knezacek *et al*. 2011) y se midió con el objetivo de conocer la comodidad fisiológica de los pollos. En este trabajo la temperatura corporal de las aves disminuyó significativamente ($p<0,05$) por efecto del transporte. Sin embargo; el efecto más reportado es un aumento en la temperatura corporal por efecto de los temperaturas y humedades relativas elevadas dentro de las jaulas que se producen en los diferentes microclimas dentro del camión (Delezie *et al.* 2007, Terlouw *et al*. 2008, Arikan *et al*. 2017, Cockram y Dulal 2018, Pinheiro *et al*. 2021).

Knezacek *et al*. (2011) también reportaron disminución en las temperaturas cloacales de pollos transportados en Canadá bajo condiciones de bajas temperaturas ambientales en invierno. Estos autores reportan que durante el transporte los pollos se mojaron y estuvieron expuestos a las corrientes de aire que provocaron que los pollos no pudieran mantener su temperatura corporal. Un efecto similar fue observado en este trabajo ya que muchos de los pollos evaluados se transportaron bajo condiciones lluviosas, se mojaron y algunos estuvieron expuestos a corrientes de aire en las partes laterales del camión. La COMISIÓN EUROPEA (2018) recomienda no transportar pollos mojados debido a la sensación térmica que pueden experimentar.

2. Análisis descriptivo

Durante la captura los pollos experimentan una serie estímulos como ruido, intensidad de luz, manipulación, carga, sensación térmica y agrupamiento que afectan su bienestar (Kittelsen *et al.* 2018). En el método de captura utilizado en las granjas evaluadas, los pollos fueron colocados en grandes grupos por medio de cortinas separadoras a manera de corrales, para luego ser capturados y llevados por las patas hasta las jaulas que estaban ubicadas en los camiones.

En estos grupos o corrales, los pollos se aglomeraron unos sobre otros causando muertes por ahogamiento y las lesiones (inmovilidad, rasguños, cojeras) descritas en el Cuadro 3, esto no permitió que algunos pollos pudieran ser transportados y quedaran en la granja. Kittelsen *et al.* (2018) concuerdan en que el método de

captura afecta el bienestar de los pollos, incluyendo aspectos como el agrupamiento, la forma en que se capturan ya sea por las patas o por el lomo, individual o en grupo y la forma en que se colocan en las jaulas. Los pollos que quedaron en la granja se consideraron no aptos para el transporte debido a la presencia de lesiones esqueléticas que provocan inmovilidad y retraso en el crecimiento. La COMISIÓN EUROPEA (2018) recomienda no transportar aves con dificultad para moverse y con huesos rotos.

El porcentaje de pollos muertos al arribo (DOA), en los viajes o camiones evaluados fue similar a lo reportado por Langkabel *et al*. (2015), De Lima *et al.* (2019), Mönch *et al.* (2020) y menor al reportado por Romero *et al*. (2014) Jacobs *et al.* (2017) reportan porcentajes de 0,11 a 0,68% en una revisión bibliográfica realizada en el 2017, en este trabajo el rango observado sobrepasó estos reportes (0,09-2,21%). Dentro de las causas asociadas a estas muertes se encuentran la forma en que se atrapan los pollos y la manera en que se colocan dentro de las jaulas (Kittelsen *et al.* 2018. Otras causas reportadas son el estrés térmico durante el transporte, la duración del viaje, el clima durante el transporte y la falta de selección de animales no aptos en granja (Jacobs *et al.* 2017) todos estos factores fueron observados en las granjas evaluadas.

La forma de captura utilizada también fue descrita por Mönch *et al*. (2020), donde para capturar los pollos, se organizan equipos o cuadrillas de operadores que capturan los pollos por las patas, de 3 a 4 pollos por mano para colocarlos en las jaulas. En este trabajo, el personal recorrió entre 3,8 y 9,4 m de distancia hasta

donde se encontraban las jaulas, con pesos promedio por mano de 9,3 kg. Este procedimiento demanda un esfuerzo físico fuerte, causa fatiga en el personal provocando efectos negativos en la integridad de los pollos durante la carga en las jaulas (De Lima *et al.* 2019). La ventaja es que permite tener control sobre los animales y evitar que escapen durante la captura como ocurre en los métodos automáticos (Mönch *et al*. 2020).

Las condiciones ambientales promedio de las galeras de origen de los pollos fueron similares a las recomendadas por los proveedores de la genética (Aviagen 2017, 2018, Cobb Vantress 2021) y a las recomendadas por Bell y Weaver (2002) y Oloyo (2018). Dos granjas sobrepasaron las temperaturas ambientales y las humedades relativas recomendadas, provocando estrés térmico en los animales (Li *et al.* 2015) durante la captura.

La cantidad de pollos máxima por jaula fue de 7 pollos, con pesos corporales entre 1959 y 4383 g. La densidad dentro de las jaulas tiene un efecto importante en el porcentaje de DOA (Chauvin *et al*. 2011). Cada pollo evaluado tuvo un espacio de 628 cm^2, superior al recomendado por la COMISIÓN EUROPEA (2018) de 115 cm^2 por kilogramo para aves entre 3 y 5 Kg de peso.

El tiempo de captura promedio observado fue de 30 minutos por camión (2000-2200 pollos), este tiempo fue menor al observado por Mönch *et al*. (2020) quienes reportan menores tiempos captura por el método manual y asociaron tiempos

cortos con mayores lesiones en las puntas de las alas y con la cantidad de operarios.

El tiempo de ayuno de agua y alimento afecta de diferentes formas el bienestar de los pollos y se ha asociado con la pérdida de peso corporal y con estrés fisiológico (Delezie *et al.* 2007). El tiempo promedio de ayuno de alimento observado desde la granja al sacrificio fue de 12,94 horas con un máximo de 15,00 horas. La COMISIÓN EUROPEA (2018) recomienda que el período de ayuno total no debe superar las veinticuatro horas. Tiempos mayores a 13 horas causan deshidratación, balance energético negativo y detrimento en la calidad de la carne (Taylor *et al*. 2001, Delezie *et al*. 2007).

El tiempo de transporte promedio de la granja a la planta de cosecha en este estudio fue de 2,49 horas con un rango de 0,5 a 3,5 h y con una distancia promedio de 65 km y un máximo de 118,4 km. El transporte afecta el bienestar de los pollos (Mitchell y Kettlewell 1998, Arikan *et al*. 2017), cuanto mayor sea su duración, mayor su exposición a los factores que lo afectan como el estrés térmico, aceleración, movimiento, impacto y vibración (Gou *et al*. 2021).

3. Análisis de correlación

El pH de la sangre y la concentración de lactato fueron los indicadores fisiológicos que mostraron correlaciones altas (r^2> 0,5). El pH de la sangre y la concentración lactato se asociaron fuertemente entre sí debido a la capacidad tampón de la

sangre que compensa las concentraciones altas de lactato para mantener el pH sanguíneo en sus valores normales (Scanes 2015). La diferencia en la concentración de lactato se asoció con la distancia de transporte. Estos resultados se encuentran en concordancia con lo observado por Savenije (2001) y Martín Medina-Vara *et al*. (2016).

El porcentaje de lesiones por caquexia también se asoció con el cambio en la concentración de lactato de la granja a la planta de proceso. La caquexia se caracteriza por reducción y malformación de las masas musculares, ausencia de grasa en la canal y se ha asociado a pobre calidad de pollito, manejo ambiental en la granja, poco acceso al agua y alimento, alta densidad, pobre manejo sanitario y al síndrome de retraso en el crecimiento (RSS) (Vieira L 2012). Nery *et al*. (2017) asociaron la presencia de caquexia con el estrés de transporte, el ayuno y el comportamiento de miedo que causan disminución de las reservas de glucógeno previas al sacrificio.

El pH de la sangre se asoció con las condiciones ambientales de la granja, el ayuno de agua y alimento, el tiempo de espera, de transporte y con el porcentaje de lesiones por caquexia. Resultados similares fueron obtenidos por Martín Medina-Vara *et al.* (2016) y Nery *et al*. (2017).

La temperatura corporal mostró una fuerte asociación con el porcentaje de caquexia. La temperatura corporal como indicador de la homeostasis del organismo podría en este caso asociarse con las causas de caquexia que

provocaron desequilibrio energético en el animal (Nery *et al.* 2017). Delezie *et al*. (2007) y Vieira *et al.* (2010) también encontraron cambios en la temperatura corporal como respuesta a la fatiga y al estrés fisiológico antes del sacrificio.

Las condiciones ambientales de las granjas (concentración de amoníaco, intensidad de luz, sensación térmica) tuvieron una fuerte correlación con la cantidad de pollos muertos durante la captura, el porcentaje de traumas, caquexia y celulitis. Las condiciones ambientales de la granja, el manejo y la salud de las aves son factores fuertemente relacionados con las lesiones encontradas en la planta de cosecha y que son causa de decomiso como la celulitis, caquexia y los traumas (Haslam *et* al. 2009, Chauvin *et al.* 2011). La duración y la intensidad de luz también se han relacionado con la presentación de lesiones en piel y patas. Para que los pollos de engorde experimenten un descanso adecuado deben experimentar condiciones de iluminación de 3-5 luxes durante 3 a 5 horas diarias (Pal *et al*. 2019).

Es interesante notar la correlación observada entre el ancho de las puertas con la velocidad del viento, características estructurales de las galeras se han asociado al sellado de los edificios y a las condiciones ambientales en las granjas con ambiente controlado (Fairchild 2020).

El tiempo de ayuno de agua y alimento se correlacionó con la cantidad de pollos no aptos para la captura, con el DOA y con el porcentaje de traumas. El ayuno de agua y alimento causa estrés por carencia y deshidratación (Nicol y Scott 1990),

también el ayuno prolongado se ha visto asociado con fuertes pérdidas de peso, estrés metabólico por desbalance energético y con DOA (Delezie *et al*. 2007). Pollos previamente enfermos o lesionados durante la captura, experimentan mayor estrés por deshidratación (Nicol y Scott 1990) y debilidad por disminución en sus reservas energéticas (Nery *et al.* 2017), por lo que no son aptos para la captura o morirán durante el transporte.

Las condiciones de captura de los operadores (pollos por mano, distancia a las jaulas, sensación térmica de la galera y el tiempo de captura) se correlacionaron con los pollos muertos y lesionados durante la captura. El procedimiento de captura manual es un trabajo fuerte y cansado para los operadores (Langkabel *et al*. 2015). Las actitudes negativas del personal y las condiciones inadecuadas para realizar este trabajo resultan en dolor, estrés social, miedo y lesiones que desembocan en pobre bienestar animal (Broom 2019). La manipulación inadecuada ha sido identificada como uno de los principales problemas de bienestar en animales de granja (Broom 1986).

Las muertes y las lesiones observadas antes del sacrificio resultan de la interacción de factores que ocurren en la granja (Haslam *et al.* 2009), durante el ayuno (Delezie *et al*. 2007), la captura, la colocación en las jaulas, el transporte y la descarga en la planta de cosecha (Cockram y Dulal 2018). En este caso se observó fuerte asociación entre las condiciones ambientales de la granja, las lesiones por celulitis y el porcentaje de DOA. Existe evidencia de la relación entre los decomisos por celulitis y DOA como reflejo de los problemas locomotores y

lesiones en piel que ocurren en las granjas (Haslam *et al*. 2009). Jacobs *et al.* (2017) también encontraron asociación positiva entre la presencia de alguna enfermedad en la granja y la presentación de DOA. Taylor *et al.* (2001) mencionan que temperaturas ambientales extremas en las granjas causan DOA y disminución en la calidad de la carne.

4. Análisis de componentes principales

Este abordaje redujo la complejidad de los factores que afectan el bienestar de los pollos antes del sacrificio a ocho nuevas variables simples: CP sensación térmica, CP ambiente, CP condiciones ante-mortem, CP condiciones del camino, CP condiciones de captura de la granja, CP condiciones de captura del personal, CP ayuno de alimento y CP ayuno de agua.

El CP sensación térmica incluyó las variables de temperatura ambiental, sensación térmica en la granja y humedad relativa ambiental. La variable que mostró mayor contribución a la varianza observada fue la temperatura ambiental. El CP de ambiente agrupó la concentración de amoníaco, la velocidad del viento y la intensidad de luz. La concentración de amoníaco explicó el mayor porcentaje de la varianza observada (Cuadro 9).

La relación entre las condiciones de ambientales y de alojamiento en la granja con el bienestar de los pollos previo al sacrificio también ha sido estudiada por Haslam *et al.* (2009), Chauvin *et al*. (2011) y Queiroz *et al*. (2015), estos autores han

observado aumento en el DOA por efecto de las condiciones ambientales en la granja. Queiroz *et al.* (2015) indican que la temperatura ambiental de la granja es crítica para un adecuado procedimiento de captura debido al efecto causado por el estrés de calor.

El CP de condiciones ante-mortem agrupó las variables de temperatura en el andén, sensación térmica en el andén, humedad relativa en el andén, tiempo de espera a la descarga, pollos por jaula, tiempo de espera al sacrificio y tiempo de descarga, la variable que explicó la mayor parte de la varianza observada fue la temperatura ambiental en el andén de espera. El CP condiciones del camino incluyó el tiempo de transporte, la distancia y el tiempo de espera hasta el muestreo. El tiempo de transporte fue la variable de mayor contribución a la varianza observada (Cuadro 9).

El tiempo de transporte ha sido reportado como uno de los principales factores que afecta el bienestar de los pollos previo al sacrificio Mitchell *et al*. (1992), Mitchell and Kettlewell (1998), Vecerek *et al*. (2016), Broom 2019, Zheng *et al.* (2020), dos Santos *et al.* (2020) y Prakash y Prabakaran (2020) causando muertes al arribo, pérdida de peso, dolor, fatiga, miedo y lesiones o traumas. Las condiciones de espera antes del sacrificio especialmente la temperatura ambiental y la densidad en las jaulas (Chauvin *et al*. 2011), se han asociado con disminución del bienestar de los pollos (Dos Santos *et al*. 2020).

El CP condiciones de captura de la granja incluyo las variables: cantidad de puertas de la galera, distancia de las jaulas al punto más alejado de captura, tamaño de las puertas, distancia promedio del punto de captura a las jaulas y tiempo de captura. La cantidad de puertas fue la variable que mejor explicó la variabilidad observada. El CP condiciones del personal agrupó la distancia de las manos del operador a las jaulas y la cantidad de pollos que llevaba el operador por mano. La variable que tuvo mayor contribución en explicar la variabilidad fue la distancia entre las manos del operador a las jaulas.

Tal como menciona Broom (2019), el factor humano afecta significativamente el proceso de captura y de carga, poniendo en riesgo el bienestar de los animales. En el caso de las granjas evaluadas los operarios caminaron hasta 9, 41 m del sitio de captura hasta las jaulas. La distancia máxima de las manos del operador a las jaulas fue de 1,6 m con un promedio de 0,89 m (Cuadro 5). Estas condiciones causan fatiga en los trabajadores lo que pone en riesgo el bienestar de los pollos (Broom 2019).

El CP ayuno de alimento reunió las variables: ayuno total de alimento, ayuno total, ayuno total de agua, ayuno de alimento al muestro y ayuno de agua al muestreo. La variable con mayor contribución fue el tiempo de ayuno total de alimento, que incluyó la restricción de alimento en la granja más el tiempo de captura, transporte y espera hasta el sacrificio. El CP ayuno de agua incluyó como única variable el tiempo de ayuno de agua en la granja. El tiempo de ayuno tiene gran efecto en la pérdida de peso (Delezie *et al.* 2007, Ramão *et al.* 2011) y expone los pollos a

grandes desafíos fisiológicos (Mitchell y Kettlewell 1998). Taylor *et al.* (2001), Kim *et al.* (2007), Zheng *et al*. (2020) y Gou *et al*. (2021) reportan pérdida de peso y de la calidad de la carne por efecto del ayuno prolongado. En este trabajo el tiempo promedio total de ayuno desde que se suspendió el alimento en las granjas hasta el sacrificio fue de 12,48 h, tiempos de ayuno mayores a 12 h se han asociado con disminución del bienestar (Kim *et al*. 2007, Zheng *et al*. 2020) y de la calidad de la carne de los pollos (Ramão *et al.* 2011).

5. Matrices de componentes rotados

El 31,25% de las granjas evaluadas mediante su ubicación en las matrices de componentes rotados mostraron buenas condiciones ambientales y de sensación térmica durante la captura. Sin embargo, 12,5% tuvieron alta sensación térmica y condiciones ambientales desfavorables. La temperatura ambiental de la granja afecta el bienestar de los pollos antes de captura provocando, fatiga, estrés de calor (Queiroz *et al*. 2015) y deshidratación (Terlouw *et al*. 2008).

El 40% de las granjas tuvo menor tiempo de ayuno de agua en granja y de alimento total, otro 40% mostró mayor tiempo de alimento total. El tiempo de espera en la planta de proceso previo al sacrificio tuvo importante contribución en el tiempo total de ayuno de los pollos (Cuadro 7). Saraiva *et al.* (2020) recomiendan cortos períodos de espera previos al sacrificio con el objetivo de reducir la pérdida de energía en pollos metabólicamente muy activos, evitar el estrés fisiológico y la pérdida de peso.

El 25% de las granjas tuvo condiciones de captura desfavorables tanto para la granja como para el personal. Saraiva *et al*. (2020) mencionan que los correctos procedimientos y las adecuadas condiciones de atrapado son esenciales para reducir la mortalidad, los traumas, los hematomas y las fracturas en los pollos de engorde.

La mayor parte de las granjas evaluadas mostró condiciones desfavorables durante el camino y favorables en el ante-mortem. Tres de las granjas (18,75%) se calificaron con condiciones desfavorables para ambas condiciones. Estas condiciones pueden provocar detrimento en el bienestar de los pollos. Vieira *et al.* (2010) encontraron efectos negativos sobre el bienestar de los pollos por efecto de las condiciones del camino en granjas evaluadas en Brasil. Vecerek *et al*. (2016) reportan 0,30% de DOA a distancias de hasta 100 km como las observadas en este trabajo. Chauvin *et al*. (2011) observaron 1,4% de DOA por efecto del transporte en Francia. Condiciones como el estado de la carretera, la aceleración, la vibración (Innocencio y Nääs 2019), el clima (Chauvin *et al*. 2011), el tiempo de transporte (Arikan *et al.* 2017), el diseño de las jaulas (Pinheiro *et al*. 2021) y de los camiones (Cândido *et al.* 2016) afectan el bienestar de los pollos durante el transporte.

6. Efecto de los componentes principales sobre el bienestar de los pollos

Las condiciones de captura y de transporte se han reportado como las principales causas de pérdida del bienestar pre-sacrificio de los pollos de engorde (Vieira *et al*. 2010, Caffrey *et al*. 2017, Saraiva *et al.* 2020) y son considerados por Vanderhasselt *et al*. (2013) como los factores de mayor riesgo de deshidratación en los pollos previo al sacrificio. En este trabajo solamente los componentes principales de sensación térmica y de ayuno mostraron efecto significativo ($p<0,1$) sobre las variables de bienestar, no se observaron diferencias significativas ($p<0,1$) por efecto de los CP de captura y transporte. Las condiciones que intervienen en la captura y el transporte son múltiples (Vosmerova *et al*. 2010, Vecerek *et al.* 2016) es posible que se traslapen y presenten múltiples interacciones (Saraiva *et al*. 2020, por lo que se sugiere un aumento en el tamaño de muestra en trabajos futuros que permita observar de forma más clara el efecto de las variables contínuas de captura y de transporte evaluadas sobre el bienestar de los pollos a nivel comercial.

El CP de ayuno de alimento explicó entre 4 y 6% de la variación observada en la pérdida de peso, la concentración de corticosterona en la planta de proceso y en la cantidad de pollos muertos durante la captura. La duración del período de ayuno es muy importante debido a que provoca pérdida de peso corporal debido a la disminución de contenido intestinal, a la deshidratación del músculo (Duke *et al*. 1997) y a la pérdida de grasa (Kim *et al*. 2007). Períodos prolongados de ayuno

causan fuerte deshidratación del músculo (Ramão *et al.* 2011) causando estrés fisiológico y muerte (Terlouw *et al*. 2008).

El CP de sensación térmica también explicó entre 7 y 13% de la variación observada en la diferencia en la concentración de lactato, en la concentración de lactato en la granja, la diferencia de pH en sangre, la concentración de corticosterona en granja, el porcentaje de traumas y la cantidad de pollos lesionados en la granja. Lo que sugiere un efecto importante de las condiciones ambientales sobre el bienestar de los pollos (Taylor *et al.* 2001, Jacobs *et al.* 2017, Nery *et al.* 2017).

El modelo que incluyó el CP sensación térmica y el CP ayuno de alimento explicó mayores porcentajes, entre 9 y 19% de la variación observada en el porcentaje de celulitis, DOA y caquexia. Ramão *et al*. (2011) mencionan que el pasaje de alimento por el intestino y la pérdida de peso no están influenciados solamente por el ayuno sino también por la temperatura corporal, la actividad física, el consumo de alimento previo al ayuno y a las condiciones de estabulación en la granja, lo que explicaría el efecto observado al incluir la sensación térmica en el modelo.

7. Análisis de variables categóricas

Todas las variables categóricas analizadas mostraron diferencias significativas ($p<0,1$) en la mayor parte de los indicadores de bienestar (Cuadros 12-16). Las galeras con ambiente controlado, el tipo de captura con las jaulas dentro de las

galeras, el clima despejado en la planta de proceso, la condición del camino de autopista, el sacrificio durante la noche mostró menores valores en las variables de bienestar.

Las galeras con ambiente controlado permiten mantener más estables las condiciones internas de las galeras (Aviagen 2017). Existe evidencia de que los factores ambientales en la granja (dos Santos *et al*. 2020), la mortalidad acumulada y todos los procedimientos ante-mortem (Chauvin *et al*. 2011) afectan el bienestar pre-sacrifico de los pollos y la calidad la carne (Taylor *et al*. 2001).

El tipo de captura y el momento del sacrificio en este trabajo estuvieron relacionadas con las condiciones para los operarios. Estas observaciones coinciden con lo reportado por Saraiva *et al.* (2020) quienes observaron menor cantidad de hematomas cuando los pollos se capturaron en la noche y no en la madrugada. El sacrificio en la madrugada supone menor supervisión y la captura con las jaulas afuera de la galera mayor esfuerzo físico y fatiga para el personal de captura (Broom 2019).

La estabilidad de las jaulas dentro del camión depende de la calidad del camino y de la vibración mecánica. Altas vibraciones han sido detectadas en tramos dañados o sin pavimento de la carretera (Innocencio y Nääs 2019). El camino en autopista presentó mejores condiciones que el de curvas y lastre por donde circularon los camiones de este estudio.

Las interacciones entre la posición de las jaulas en el camión y el clima del camino resultaron significativas (p<0,1) para la mayor parte de las variables de bienestar animal. El estrés térmico que experimentan los pollos dentro de las jaulas varía de acuerdo con su posición en el camión (Zhang *et al*. 2019), con la velocidad del aire (Vecerek *et al*. 2016), la densidad dentro de las jaulas (Hussnain *et al*. 2020), el diseño del camión y de las jaulas (Hall y Bradshaw 1998), el peso (Arikan *et a*l. 2017) y la edad de las aves (Vieira *et al.* 2010). Es posible observar microclimas dentro del camión (Aldridge *et al.* 2019, Dos Santos *et al*. 2020, Pinheiro *et al.* 2021) que sumados a las condiciones climáticas externas afectan la sensación térmica que experimentan los pollos. La época del año, la cual estuvo asociada las condiciones climáticas provocó aumento de DOA durante el transporte (Vecerek *et al.* 2016, Arikan *et al*. 2017). La Lluvia y el viento afectan la comodidad térmica de las aves durante el transporte (EFSA 2012), lluvia y viento fueron las condiciones más observadas durante el transporte de los pollos evaluados.

Las interacciones entre el momento de captura y el clima de la granja resultaron significativas (p ≤ 0,1). Chauvin *et al.* (2011) y Jacobs *et al*. (2017, 2020) también observaron que las condiciones climáticas y el momento de la captura tuvieron efecto sobre los pollos muertos al arribo.

Es importante resaltar la importancia del factor humano sobre el bienestar de los pollos. Broom (2019), Knowles y Broom (1990) recomiendan proporcionar al personal entrenamiento, herramientas, recursos, buenas condiciones laborales y un salario competitivo con el fin de promover el trato adecuado de los animales. Diferencias entre los grupos de operarios o cuadrillas y los indicadores de

bienestar fueron observadas en este trabajo. Mönch *et al*. (2020) y Saraiva *et al*. (2020) también reportan un aumento en la presentación de traumas y hematomas por efecto del equipo de operarios de atrapado.

Conclusiones

Aunque el ayuno, la captura, el transporte y la espera pre-sacrificio las aves representan un pequeño período en la vida de los pollos de engorde, fue posible observar que las aves experimentan una serie de estímulos que producen estrés fisiológico y afectan su bienestar. Los resultados observados señalan a las condiciones de infraestructura y ambientales durante la captura, al ayuno y a los factores humanos como los más importantes a considerar cuando se evalúa el bienestar de los pollos de engorde en condiciones comerciales. La lluvia, el viento, la posición de las jaulas, el camino montañoso y de lastre se identificaron como los principales factores que afectaron el bienestar de los pollos durante el transporte.

Las granjas evaluadas presentan oportunidades de mejora en las condiciones ambientales de la galera previas a la captura, en las condiciones de captura para el personal y en las condiciones durante el transporte.

Referencias

Aldridge, DJ; Luthra, K; Liang, Y; Christensen, K; Watkins, SE; Scanes, CG. 2019. Thermal micro-environment during poultry transportation in south central United States (en línea). Animals, 9(1), 31. DOI: https://doi.org/10.3390/ani9010031.

Al-obaidy, AH; Shanoon, AQ; Al-Hassani, DH. 2020. Evaluation of the stress of transporting broiler chickens in Iraq on some productive, physiological, and economic characteristics (en línea). Iraqi Journal of Agricultural Sciences 51(3):752–759. DOI: https://doi.org/10.36103/IJAS.V51I3.1029.

Arikan, MS; Akin, AC; Akcay, A; Aral, Y; Sariozkan, S; Cevrimli, MB; Polat, M. 2017. Effects of transportation distance, slaughter age, and seasonal factors on total losses in broiler chickens (en línea). Brazilian Journal of Poultry Science 19(3):421–428. DOI: https://doi.org/10.1590/1806-9061-2016-0429.

Averós, X; Balderas, B; Cameno, E; Estevez, I. 2020. The value of a retrospective analysis of slaughter records for the welfare of broiler chickens (en línea). Poultry Science 99(11):5222–5232. DOI: https://doi.org/10.1016/J.PSJ.2020.08.026.

Aviagen. 2017. Environmental management in the broiler house (en línea). Consultado 14 Ago. 2021. Disponible en: https://eu.aviagen.com/assets/Uploads/Environmental-Management-Broiler.pdf.

Aviagen. 2018. Ross broiler management handbook (en línea). Consultado 15 Feb. 2022. Disponible en: www.aviagen.com.

Ávila González, E; Carmona Medero, JR; Castañeda Serrano, MP;Cortés Cuevas, A; Fuente Martínez, B; García Espinosa, G; Hernández Velasco, X; Juárez Estrada, MA; Ledesma Martínez, N; Mercado Chávez, A; Merino Guzmán, R; Paz Rodríguez, R; Posadas Hernández, E; Quintana López, JA; Quiroz Pesina, M; Cortés, CR; Salamanca Camacho, R; Sánchez Godoy, FD; Sánchez Ramírez, E; Suazo Orozco, LA; Urquiza Bravo, O. 2018. Introducción a la zootecnia del pollo y la gallina. (1era ed.). Xóchitl Hernández Velasco. México, México. 1–43 p.

Bell, DD; Weaver, WJ. 2002. Commercial chicken meat and egg production. 5ta edición. Nueva York, Estados Unidos. Springer. 3–1365 p.

Broom, DM. 1986. Indicators of poor welfare (en línea). British Veterinary Journal 142(6):524–526. DOI: https://doi.org/10.1016/0007-1935(86)90109-0.

Broom, 2019. Welfare of transported animals: welfare assessment and factors affecting welfare (en línea). Livestock handling and transport :12–29. DOI: https://doi.org/10.1079/9781786399151.0012.

Caffrey, NP; Dohoo, IR; Cockram, MS. 2017. Factors affecting mortality risk during transportation of broiler chickens for slaughter in Atlantic Canada (en línea). Preventive Veterinary Medicine 147:199–208. DOI: https://doi.org/10.1016/J.PREVETMED.2017.09.011.

Cândido, MGL; Tinôco, I de FF; Pinto, F de A de C; Santos, NT; Roberti, RP. 2016. Determination of thermal comfort zone for early-stage broilers (en línea). Engenharia Agricola 36(5):760–767. DOI: https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n5p760-767/2016.

Chauvin, C; Hillion, S; Balaine, L; Michel, V; Peraste, J; Petetin, I; Lupo, C; le Bouquin, S. 2011. Factors associated with mortality of broilers during transport to slaughterhouse (en línea). Animal 5(2):287–293. DOI: https://doi.org/10.1017/S1751731110001916.

Chloupek, P; Voslářová, E; Chloupek, J; Bedáňová, I; Pištěková, V; Večerek, V. 2009. Stress in broiler chickens due to acute noise exposure (en línea). Acta Veterinaria Brno 78(1):93–98. DOI: https://doi.org/10.2754/avb200978010093.

CIAB (Cámara de Industriales de Alimentos Balanceados). 2020. Informe anual Cámara de Industriales de Alimentos Balanceados (en línea). San José, s.e. Consultado 27 Feb. 2022. Disponible en: https://cina.ucr.ac.cr/media/attachments/2021/08/11/informe_ciab_2020_version_final.pdf.

Cobb Vantress. 2021. Cobb broiler management guide (en línea). Consultado 7 Ene. 2022. Disponible en: https://www.cobb-vantress.com/resource/management-guides.

Cockram, MS; Dulal, KJ. 2018. Injury and mortality in broilers during handling and transport to slaughter (en línea). Canadian Journal of Animal Science 98(3):416–432. DOI: https://doi.org/10.1139/CJAS-2017-0076/ASSET/IMAGES/LARGE/CJAS-2017-0076F3.JPEG.

COMISIÓN EUROPEA (Directorate-General for Health and Food Safety). 2018. Guía de buenas prácticas para el transporte de aves de corral (en línea). Consultado 4 Dic. 2021. Disponible en: https://data.europa.eu/doi/10.2875/015155

Delezie, E; Swennen, Q; Buyse, J; Decuypere, E. 2007. The effect of feed withdrawal and crating density in transit on metabolism and meat quality of

broilers at slaughter weight (en línea). Poultry Science 86(7):1414–1423. DOI: https://doi.org/10.1093/ps/86.7.1414.

De Lima, VA; Ceballos, MC; Gregory, NG; da Costa, MJRP. 2019. Effect of different catching practices during manual upright handling on broiler welfare and behavior (en línea). Poultry Science 98(10):4282–4289. DOI: https://doi.org/10.3382/ps/pez284.

Dos Santos, VM; Dallago, BSL; Racanicci, AMC; Santana, ÂP; Cue, RI; Bernal, FEM. 2020. Effect of transportation distances, seasons and crate microclimate on broiler chicken production losses (en línea). PLOS ONE 15(4):e0232004. DOI: https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0232004.

Duke, GE; Basha, M; Noll, S. 1997. Optimum duration of feed and water removal prior to processing in order to reduce the potential for fecal contamination in turkeys (en línea). Poultry science 76(3):516–522. DOI: https://doi.org/10.1093/PS/76.3.516.

EFSA (European Food Safety Authority. 2012). Scientific opinion on the use of animal-based measures to assess welfare of broilers (en línea). EFSA Journal 10(7). DOI: https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2774.

Fairchild, B. 2020. Hot weather management. Heat stress and bird cooling. Athens Georgia. Estados Unidos. University of Georgia. Webinar series 2020 (en línea). Consultado 17 Abr. Disponible en: https://extension.uga.edu/about/our-impact/impact-stories/impact-statement/9952/hot-weather-poultry-ventilation-and-management-webinars.html.

Giloh, M; Shinder, D; Yahav, S. 2012. Skin surface temperature of broiler chickens is correlated to body core temperature and is indicative of their thermoregulatory status (en línea). Poultry Science 91(1):175–188. DOI: https://doi.org/10.3382/ps.2011-01497.

Gou, Z; Abouelezz, KFM; Fan, Q; Li, L; Lin, X; Wang, Y; Cui, X; Ye, J; Masoud, MA; Jiang, S; Ma, X. 2021. Physiological effects of transport duration on stress biomarkers and meat quality of medium-growing yellow broiler chickens (en línea). Animal 15(2):100079. DOI: https://doi.org/10.1016/J.ANIMAL.2020.100079.

Hall, SJ; Bradshaw, RH. 1998. Welfare aspects of the transport by road of sheep and pigs. (en línea). Journal of Applied Animal Welfare Science: JAAWS 1(3):235–54. DOI: https://doi.org/10.1207/s15327604jaws0103_4.

Haslam, SM; Knowles, TG; Brown, SN; Wilkins, LJ; Kestin, SC; Warriss, PD; Nicol, CJ. 2009. Prevalence and factors associated with it, of birds dead on arrival at the slaughterhouse and other rejection conditions in broiler chickens (en

línea). http://dx.doi.org/10.1080/00071660902739759 50(1):150–150. DOI: https://doi.org/10.1080/00071660902739759.

Hussnain, F; Mahmud, A; Mehmood, S; Hayat JASPAL, M. 2020. Effect of transportation distance and crating density on preslaughter losses and blood biochemical profile in broilers during hot and humid weather (en línea). Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences 44(2): 418-426. DOI: https://doi.org/10.3906/vet-1905-85.

IMN (Instituto Meteorológico Nacional). 2022. Estaciones meteorológicas automáticas (en línea). San José, Costa Rica. Consultado 27 Feb. 2022. Disponible en: https://www.imn.ac.cr/estaciones-automaticas.

INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos). 2015. VI Censo Nacional Agropecuario. Resultados generales (en línea). San José, Costa Rica. Consultado 27 Feb. 2022. Disponible en: http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/U40-10581.pdf.

Innocencio, CM; Nääs, I de A. 2019. Impacto da condição da estrada na vibração durante o transporte simulado de frangos de corte (en línea). Energia na agricultura 34(4):491–500. DOI: https://doi.org/10.17224/ENERGAGRIC.2019V34N4P491-500.

Jacobs, L; Delezie, E; Duchateau, L; Goethals, K; Tuyttens, FAM. 2017. Broiler chickens dead on arrival: associated risk factors and welfare indicators (en línea). Poultry Science 96(2):259–265. DOI: https://doi.org/10.3382/PS/PEW353.

Kim, DH; Yoo, YM; Kim, SH; Jang, BG; Park, BY; Cho, SH; Seong, PN; Hah, KH; Lee, JM; Kim, YK; Hwang, IH. 2007. Effect of the length of feed withdrawal on weight loss, yield and meat color of broiler (en línea). Asian-Australasian Journal of Animal Sciences 20(1):106–111. DOI: https://doi.org/10.5713/AJAS.2007.106.

Kittelsen, KE; Granquist, EG; Aunsmo, AL; Moe, RO; Tolo, E. 2018. An evaluation of two different broiler catching methods (en línea). Animals. DOI: https://doi.org/10.3390/ani8080141.

Knezacek, TD; Olkowski, AA; Kettlewell, PJ; Mitchell, MA; Classen, HL. 2011. Temperature gradients in trailers and changes in broiler rectal and core body temperature during winter transportation in Saskatchewan (en línea). Canadian Journal of Animal Science 90(3):321–330. DOI: https://doi.org/10.4141/CJAS09083.

Knierim, U; Gocke, A. 2003. Effect of catching broilers by hand or machine on rates of injuries and dead -on-arrivals (en línea). Animal Welfare 12(1). Consultado 24 Feb. 2022. Disponible en: https://www-ingentaconnect-

com.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr/content/ufaw/aw/2003/00000012/00000001/art00004.

Knowles, TG; Broom, DM. 1990. The handling and transport of broiler and spent hens (en línea). Applied Animal Behaviour Science 28:75–91. Consultado 8 Ago. 2020. Disponible en :https://www.academia.edu/14426005/The_handling_and_transport_of_broilers_and_spent_hens.

Langkabel, N; Baumann, MPO; Feiler, A; Sanguankiat, A; Fries, R. 2015. Influence of two catching methods on the occurrence of lesions in broilers (en línea). Poultry Science 94(8):1735–1741. DOI: https://doi.org/10.3382/PS/PEV164.

Li, M; Wu, J; Chen, Z. 2015. Effects of heat stress on the daily behavior of wenchang chickens (en línea). Brazilian Journal of Poultry Science 17(4):559–566. DOI: https://doi.org/10.1590/1516-635X1704559-566.

Lin, H; Zhang, HF; Jiao, HC; Zhao, T; Sui, SJ; Gu, XH; Zhang, ZY; Buyse, J; Decuypere, E. 2005. Thermoregulation responses of broiler chickens to humidity at different ambient temperatures. I. One week of age (en linea). Poultry Science 84(8):1166–1172. DOI: https://doi.org/10.1093/ps/84.8.1166.

Martín Medina-Vara; Isabel Guerrero-Legarreta; Patricia Roldan-Santiago; Pilar Castañeda-Serrano; Miguel González-Lozano; Daniel Mota-Rojas. 2016. Animal welfare in broilers: physicological profiles in response to transport to abattoir, lairage and exsanguination (en línea). Revista Científica de Veterinaria de la Universidad del Zulia XXVI (5):293–299. Consultado 22 Feb. 2022. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95949758005.

Mason, G; Mendl, M. 1993. Why is there no simple way of measuring animal welfare? (en línea). Animal Welfare 2(4):301–319. Consultado 14 Aug. 2021. Disponible en: https://www.ingentaconnect.com/content/ufaw/aw/1993/00000002/00000004/art00002.

Mellor, DJ. 2017. Operational details of the five domains model and its key applications to the assessment and management of animal welfare (en línea). Animals: an Open Access Journal from MDPI 7(8):60. DOI: https://doi.org/10.3390/ANI7080060.

Mitchell, MA; Kettlewel, PJ; Maxwell, MH. 1992. Indicators of physiological stress in broiler chickens during road transportation (en línea). Animal Welfare 1(2):91–103. Consultado 17 Ene. 2021. Disponible en: https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=GB9128252

Mitchell, MA; Kettlewell, PJ. 1998. Physiological stress and welfare of broiler chickens in transit: solutions not problems! (en línea). Poultry science 77(12):1803–1814. DOI: https://doi.org/10.1093/PS/77.12.1803.

Mönch, J; Rauch, E; Hartmannsgruber, S; Erhard, M; Wolff, I; Schmidt, P; Schug, AR; Louton, H. 2020. The welfare impacts of mechanical and manual broiler catching and of circumstances at loading under field conditions (en línea). Poultry Science 99(11):5233–5251. DOI: https://doi.org/10.1016/J.PSJ.2020.08.030.

Musilová A; Kadlčáková V; Lichovníková M. 2013. The effect of broiler catching method on quality of carcasses (en línea). Consultado 24 Feb. 2022. Disponible en: https://mnet.mendelu.cz/mendelnet2013/articles/42_musilova_833.pdf

Nery, Lc; Santos, I; Daroit, LI; Ii, L; Iii, MJ. 2017. Microbiological, physicochemical, and histological analyses of broiler carcasses with cachexia (en línea). Brazilian Journal of Poultry science 19(4):595–600. DOI: https://doi.org/10.1590/1806-9061-2017-0476.

Nicol, CJ; Scott, GB. 1990. Pre-slaughter handling and transport of broiler chickens (en línea). Applied Animal Behaviour Science 28(1–2):57–73. DOI: https://doi.org/10.1016/0168-1591(90)90046-G.

Oloyo A. 2018. The use of housing system in the management of heat stress in poultry production in hot and humid climate: a review (en línea). Poultry Science Journal 6(1):1–9. DOI: https://doi.org/10.22069/psj.2018.13880.1284.

Ondrasovicova O, SSSSVMOMMS. 2008. Effects of vehicle-road transport on blood profile in broiler chickens (en línea). Medycyna Weterynaryjna 64:292–293. Consultado 4 Ago. 2021. Disponible en :http://www.medycynawet.edu.pl/images/stories/pdf/pdf2008/032008/2008302920293.pdf

Pal, P; Dey, D; Sharma, B; Sahu, J; Kumar, S; Choudhary, S; Ghosh, S. 2019. Effect of light management in broiler production: A review (en línea). Journal of Entomology and Zoology Studies 7(3):437–441. Consultado 25 Feb. 2022. Disponible en: https://www.entomoljournal.com/archives/2019/vol7issue3/PartH/7-3-88-608.pdf

Pinheiro, DG; Machado, NAF; Barbosa-Filho, JAD; Silva, IJOD. 2021. Computational analysis of load ventilation in broiler transport (en línea). Engenharia Agrícola 41(1):9–18. DOI: https://doi.org/10.1590/1809-4430-ENG.AGRIC.V41N1P9-18/2021.

Prakash, D; Prabakaran, R. 2020. Effect of transportation and holding period on broiler meat quality (en línea). Journal of Entomology and Zoology Studies 8(6). DOI: https://doi.org/10.22271/j.ento.2020.v8.i6u.8041.

Queiroz, ML de V; Barbosa Filho, JAD; Duarte, LM; de Brasil, DF; Gadelha, CRF. 2015. Environmental and physiological variables during the catching of broilers (en línea). Brazilian Journal of Poultry Science 17(1):37–44. DOI: https://doi.org/10.1590/1516-635X170137-44.

R Core Team. 2020. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing (en línea). Viena, Austria, R Foundation for Statistical Computing. Consultado 27 Feb. 2020. Disponible en: URL https://www.R-project.org/.

Ramão, IB; Nunes, R v.; Bruno, LDG; Tsutsumi, CY; Silva, WTM; Pozza, MSS. 2011. Evaluation of different pre-slaughter light intensities and fasting duration in broilers (en línea). Brazilian Journal of Poultry Science 13(4):235–240. DOI: https://doi.org/10.1590/S1516-635X2011000400003.

Ramasamy, S; Benson, ER; van Wicklen, GL. 2004. Efficiency of a commercial mechanical chicken catching system (en línea). Consultado 24 Feb. 2022. Disponible en: https://pdfs.semanticscholar.org/6b44/4b60a6a63ff55c2c5fb302209f7bc45b0e5b.pdf.

Ritz, CW; Fairchild, BD; Lacy, MP.2004. Implications of ammonia production and emissions from commercial poultry facilities: a review (en línea). Consultado 10 Jul. 2020. Disponible en: https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201300993742.

Romero Peñuela, MH; R; Sánchez Valencia, JA; Moncayo Mora,JF. 2014. Evaluation of mortality and traumatic injuries in broiler chickens under commercial slaughtering conditions (en línea). Revista Biosalud 13(1):30–36. Consultado 25 Feb. 2022. Disponible en: http://vip.ucaldas.edu.co/biosalud/downloads/Biosalud13(1)Completa.pdf

Saraiva, S; Esteves, A; Oliveira, I; Mitchell, M; Stilwell, G. 2020. Impact of pre-slaughter factors on welfare of broilers (en línea). Veterinary and Animal Science 10. DOI: https://doi.org/10.1016/J.VAS.2020.100146.

Savenije, B. 2001. Metabolic parameters as indicators of broiler chicken welfare and meat qualify — the University of Groningen research portal (en línea). Consultado 24 Feb. 2022. Disponible en: https://research.rug.nl/en/publications/metabolic-parameters-as-indicators-of-broiler-chicken-welfare-and.

Scanes, C. 2015. Sturkie's avian physiology. 6ta edición. Nueva York. Estados Unidos. Elsevier. 1–1028 p.

SENASA (Servicio Nacional de Salud Animal). 2021. Plantas de sacrificio y de proceso para la exportación y el mercado nacional. DIPOA-PG-001-RE-029 (en línea). Consultado 16 Oct. 2021. Disponible en: https://www.senasa.go.cr/informacion/centro-de-informacion/informacion/gest-reg/dipoa-1.

Sowińska, J; Wójcik, A; Pomianowski, JH; Chorąży, Ł ;Mituniewicz, T ; Witkowska, D ; Piotrowska, J ; Kwiatkowska-Stenzel, A ; Czaplińska, B ; Kuczyńska, P. 2013. Effects of different variants of pre-slaughter transport on body weight loss and meat quality in broiler chickens. Medycyna Weterynaryjna 69(7):420–423. Consultado 5 Set. 2021. Disponible en: https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20133252180.

Tao, X; Xin, H. 2003. Acute synergistic effects of air temperature, humidity, and velocity on homeostasis of market-size broilers (en línea). Consultado 7 Jul. 2020. Disponible en: http://lib.dr.iastate.edu/abe_eng_pubs/142.

Taylor, NL; Fletcher, DL; Northcutt, JK; Lacy, MP. 2001. Effect of transport cage height on broiler live shrink and defecation patterns (en línea). Journal of Applied Poultry Research 10(4):335–339. DOI: https://doi.org/10.1093/JAPR/10.4.335.

Taylor, PS; Hemsworth, PH; Groves, PJ; Gebhardt-Henrich, SG; Rault, JL. 2017. Ranging behaviour of commercial free-range broiler chickens 1: factors related to flock variability (en línea). Animals 7(7). DOI: https://doi.org/10.3390/ani7070054.

Terlouw, EMC; Arnould, C; Auperin, B; Berri, C; le Bihan-Duval, E; Deiss, V; Lefè Vre, F; Lensink, BJ; Mounier, L. 2008. Pre-slaughter conditions, animal stress and welfare: status and possible future research (en línea). The Animal Consortium 2(10):1501–1517. DOI: https://doi.org/10.1017/S1751731108002723.

Vanderhasselt, RF; Buijs, S; Sprenger, M; Goethals, K; Willemsen, H; Duchateau, L; Tuyttens, FAM. 2013. Dehydration indicators for broiler chickens at slaughter (en línea). Poultry Science 92(3):612–619. DOI: https://doi.org/10.3382/PS.2012-02715.

Vecerek, V; Voslarova, E; Conte, F; Vecerkova, L; Bedanova, I. 2016. Negative trends in transport-related mortality rates in broiler chickens (en línea). Asian-Australasian Journal of Animal Sciences 29(12). DOI: https://doi.org/10.5713/ajas.15.0996.

Vieira, FMC; da Silva, IJO; Filho, JADB; Vieira, AMC. 2010. Productive losses on broiler preslaughter operations: effects of the distance from farms to abattoirs and of lairage time in a climatized holding area (en línea). Revista Brasileira de Zootecnia 39(11):2471–2476. DOI: https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001100021.

Vieira L, Sergio. 2012. Broiler carcass quality. An approach from the production sites. Minnesota, Estados Unidos. 2da edición. Zinpro Corporation. 1–104 p.

Vosmerova, P; Chloupek, J; Bedanova, I; Chloupek, P; Kruzikova, K; Blahova, J; Vecerek, V. 2010. Changes in selected biochemical indices related to transport of broilers to slaughterhouse under different ambient temperatures (en línea). Poultry science 89(12):2719–2725. DOI: https://doi.org/10.3382/PS.2010-00709.

Yue, HY; Zhang, L; Wu, SG; Xu, L; Zhang, HJ; Qi, GH. 2010. Effects of transport stress on blood metabolism, glycolytic potential, and meat quality in meat-type yellow-feathered chickens (en línea). Poultry Science 89(3):413–419. DOI: https://doi.org/10.3382/ps.2009-00550.

Zheng, A; Lin, S; Pirzado, SA; Chen, Z; Chang, W; Cai, H; Liu, G. 2020. Stress associated with simulated transport, changes serum biochemistry, postmortem muscle metabolism, and meat quality of broilers (en línea). Animals 2020, Vol. 10, Page 1442 10(8):1442. DOI: https://doi.org/10.3390/ANI10081442.

3. Indicadores de bienestar animal y severidad de miopatías en pollos de engorde

Resumen

Introducción: Las miopatías se presentan con gran frecuencia en los pollos de engorde de crecimiento rápido afectando varios parámetros de la calidad de la carne Pocos estudios investigan la relación entre las miopatías y el bienestar de los pollos de engorde**. Objetivo.** El objetivo del experimento fue evaluar la relación entre diferentes grados de severidad de las miopatías conocidas como pechuga de madera (PM) y estrías blancas (EB) con indicadores de bienestar fisiológicos, productivos y de comportamiento. **Metodología**. Se utilizaron 570 pollos de engorde Ross 308, criados bajo condiciones comerciales, por 13 semanas, en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México. De la semana 7 a la 13, previo al sacrificio, se palpó la pechuga de 35 pollos al azar, de acuerdo con su consistencia y se clasificó en suave, intermedia y firme. Se tomaron 15 muestras de sangre de los 35 pollos para obtener la relación heterófilo-linfocito, proteína C reactiva y el perfil hematológico. Se realizaron etogramas de grupo por observación directa, semanalmente. Se registró el peso vivo, el peso de la pechuga, el peso en canal caliente y de la canal fría. Cada pechuga se clasificó según el grado de severidad de lesiones de las estrías blancas y la pechuga de madera en normales, leves, moderadas y severas. Las pechugas procesadas se palparon y se clasificaron en suave, intermedia y firme. A cada una se le midió la fuerza y la energía de corte. **Resultados**. Los resultados mostraron que los indicadores fisiológicos y de comportamiento no tuvieron relación con la severidad de las lesiones encontradas para ambas miopatías. La severidad de las lesiones aumentó y estuvo significativamente asociada con la edad, el peso vivo y el peso de la pechuga. La palpación de la pechuga de los pollos vivos estuvo altamente correlacionada con la palpación de la pechuga procesada por lo que la palpación en vivo puede ser utilizada como un indicador no invasivo de la consistencia y severidad de las

lesiones de ambas miopatías. **Conclusiones.** Se requiere estudiar más indicadores fisiológicos, de comportamiento y de dolor en pollos para evaluar el efecto de las estrías blancas y pechuga de madera sobre el bienestar de los pollos de engorde.

Abstract

Introduction: Myopathies area frequently observed in fast- grow broiler chickens affecting meat quality characteristics. Few studies had invested the relationship between myopathies and welfare in broiler chickens. **Objective.**The aim of the experiment was to evaluate the relationship between different severity degrees of two broiler breast myopathies (wooden breast [WB] and white striping [WS]), and physiological, productive, and behavioral welfare indicators. **Methodology:** For this purpose, 570 broilers (Ross 308) were raised for 13 weeks under commercial conditions. From week 7 to week 13, 35 chicken breasts were randomly chosen, and were palpated and classified as soft, intermediate, and firm according to their consistency. From those 35 chickens, 15 sera samples were randomly collected, to obtain heterophil/lymphocyte (H/L) ratio, C-reactive protein (CRP) concentration, and hematological profile. The behavior of the group was recorded weekly by continuous observation. Live weight, breast weight, hot carcass, and cold carcass weights were recorded. Each chicken breast was classified, as normal, mild, moderate, and severe according to the degree of severity of WB and WS lesions. Processed chicken breasts were palpated and classified as soft, intermediate, and firm. For each one, the shear force and shear energy were measured. **Results:** Results showed that physiological indicators were not related to the severity of the lesions found in both myopathies. The severity of the lesions was significantly ($p<0,01$) correlated with age, live weight, and breast weight. Live chicken breast palpation was highly correlated with processed chicken breast palpation; therefore, *in vivo* palpation can be used as a non-invasive indicator of lesion consistency and severity in both myopathies. **Conclusions:** The evaluation of others physiological,

behavioral, and pain indicators in chickens with WS and WB myopathies is required.

Introducción

Las miopatías afectan varios parámetros de la calidad de la carne en pollos de engorde, principalmente el color, la apariencia y la suavidad de la carne cruda y cocida. Las estrías blancas (EB) y la pechuga de madera (PM) son las miopatías más comúnmente reportadas en pollos (Kuttappan *et al*. 2013a) y causan importantes pérdidas económicas en Brasil, Italia, Finlandia, Estados Unidos y el Reino Unido (Tijare *et al*. 2016).

La presentación de estriaciones blancas paralelas a las fibras musculares se conoce como estrías blancas. Los filetes con textura rígida, crudos o cocidos, con consecuencias negativas en el valor nutricional, apariencia, aceptación visual, en el procesamiento, marinado y tenderización de las pechugas, se conocen como Pechuga de Madera (Kuttappan *et al*. 2013a, Lorenzi *et al*. 2014).

La selección genética de los últimos 50 años ha resultado en un incremento en la tasa de crecimiento y del rendimiento de la pechuga (Kuttappan *et al*. 2016). Petracci *et al*. (2019) reportan un aumento de un 5% en el tamaño de la pechuga de los pollos de engorde en los últimos 10 años, lo que constituye una quinta parte del peso del ave. Este incremento se ha asociado con la presentación de ambas

miopatías (Kuttappan *et al*. 2013a) debido a que las demandas metabólicas del músculo aumentan y están asociadas al rápido crecimiento.

Las miopatías de pechuga tienen una etiología compleja, varios factores están involucrados en su progreso, aunque la causa no ha sido todavía completamente identificada, se han señalado factores de estrés en el retículo sarcoplásmico e hipoxia como los desencadenantes de una cascada de eventos que resultan en el desarrollo de las miopatías (Soglia *et al.* 2021). Factores de estrés sobre el retículo sarcoplásmico inducen la formación de proteínas disfuncionales que exacerban fenómenos como la deposición de lípidos ectópicos y la alteración de la homeostasis del calcio (Sihvo *et al.* 2014). Al mismo tiempo el crecimiento hipertrófico de la pechuga, inducido por la selección genética de los pollos para altos rendimientos de pechuga, está asociado a una vascularización reducida que predispone a condiciones de hipoxia (MacRae *et al*. 2006). La hipoxia a su vez desencadena otra secuencia de eventos como flebitis, estrés oxidativo y alteración de la homeostasis del calcio, resultando en modificaciones del metabolismo energético, inflamación, degeneración y regeneración del músculo (Soglia *et al.* 2021).

Pocos estudios investigan la relación entre las miopatías y el bienestar de los pollos de engorde. La ausencia de biomarcadores que ayuden en la identificación de las miopatías en aves vivas también ha sido identificada como un importante desafío en la investigación de las miopatías (Tijare *et al*. 2016).

Los indicadores para evaluar el bienestar de las aves se dividen en dos grupos, indicadores basados en el animal e indicadores basados en recursos o en resultados (Manteca 2016). Dentro de los indicadores basados en el animal se encuentran los fisiológicos, productivos y de comportamiento. Algunos indicadores fisiológicos como la expresión de proteínas de la fase aguda de la inflamación, se ha sugerido como un posible biomarcador de bienestar animal (Marques 2016). Estas proteínas se han observado en diferentes niveles de estrés e inflamación en animales domésticos (Eckersall y Bell, 2010).

Otros biomarcadores como la relación heterófilo-linfocito (H/L), se han utilizado como indicadores de bienestar en pollos de engorde (Davis *et al*. 2008). La H/L se considera un indicador de estrés crónico, debido a que elevadas concentraciones de corticosterona en aves, estimulan la producción de heterófilos inmaduros de la médula ósea a la sangre periférica y disminución de linfocitos (Shini *et al*. 2008, Cotter 2015).

El comportamiento de las aves también ha sido considerado como un indicador de bienestar por varios autores (Dawkins 1999, Costa *et al*. 2012). El comportamiento de locomoción de los pollos de engorde se ha visto modificado por el tamaño de la pechuga, los pollos modernos poseen pechugas más grandes que representan el 20% del peso corporal, comparada con el 11,6% de los pollos de líneas genéticas de crecimiento lento (Bokkers y Koene 2004). Se ha observado que la presencia de miopatías se relaciona con la presentación de cojeras y con problemas para caminar en pollos de engorde (Norring *et al*. 2018). El objetivo de este

experimento fue evaluar la relación entre diferentes grados de severidad de pechuga de madera y las estrías blancas con indicadores de bienestar fisiológicos, productivos y de comportamiento.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (CEIEPAV) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la Universidad Nacional Autónoma de México, de abril a junio del 2018. Se utilizaron 570 pollos de engorde criados desde un día hasta las 13 semanas de edad, bajo condiciones similares a las comerciales, en un corral de 5,0 m de ancho x 6,5 m de largo (17,5 pollos por m^2).

Los pollos se alimentaron de acuerdo con los requerimientos de la casa genética para el pollo de engorde Ross 308 y se procesaron de acuerdo con los protocolos de la planta de proceso experimental y del comité de cuidado y uso de los animales del CEIEPAV. Cada semana, de la 7 a la 13 de edad, se seleccionaron al azar 35 pollos a los que se les realizó palpación de la pechuga en vivo y se clasificó la consistencia de la pechuga en: suave (1), intermedia (2) y firme (3).

Previo al sacrificio, antes del ayuno y traslado la planta de proceso, se tomaron al azar, 15 muestras de sangre, de 5 ml cada una, por punción en la vena del ala, de los 35 pollos evaluados. Cada muestra de sangre fue dividida en dos partes, una parte se colocó en microtubos tipo microtainer® de 250-500 microlitros con EDTA

como anticoagulante y la otra en tubos tipo ependorf® de 1,5 cc para posterior centrifugación y obtención de suero. Las muestras fueron llevadas a los laboratorios de bioquímica y hematología del departamento de patología clínica la FMVZ. Para la obtención de la concentración sérica de proteína C reactiva (mg/ml) se utilizó un kit (DiAgam CRP XL). Los hemogramas se realizaron por el método de conteo manual mediante técnicas manuales estándar (Harvey 2001).

La relación heterófilo-linfocito se obtuvo dividiendo el número de heterófilos entre el número de linfocitos (Gross y Siegel 1983). Cada semana, antes del sacrificio se registró el peso vivo de cada uno de los 35 pollos seleccionados. Los pollos se insensibilizaron por el método eléctrico, se sacrificaron y desangraron manualmente, se escaldaron a 53°C y se desplumaron siguiendo la línea automática del proceso. Las canales se lavaron y eviscerar on de forma manual. Posteriormente se enfriaron por 90 min a 1,0°C en un tanque de inmersión con agitación manual a intervalos regulares y se almacenaron a 4°C hasta el deshuese. Se registró el peso de las canales calientes y frías.

Las pechugas se deshuesaron, se pesaron, se palparon y se clasificaron en suave para pechugas flexibles o con ausencia de endurecimiento; intermedia: cuando presentaron dureza evidente en la región craneal y severas para pechugas de dureza extrema a lo largo de todo el músculo con presencia de abultamientos en la región caudal (Kuttappan *et al*. 2012, Tijare *et al*. 2016).

Las pechugas sin estriaciones aparentes se clasificaron como normales, se clasificaron como leves cuando presentaron estriaciones menores a 1 mm, moderadas cuando presentaron estriaciones entre 1 y 3 mm de grosor y severas cuando mostraron estriaciones mayores a 3 mm (Kuttappan *et al*. 2012, Tijare *et al*. 2016).

La identificación de las lesiones de pechuga de madera se realizó mediante evaluación táctil y se clasificaron en normal: para pechugas flexibles, leves: para pechugas firmes en la parte craneal y flexibles en la región caudal, moderadas: para pechugas firmes en la parte craneal y algún grado de dureza caudal y severas: para pechugas con algún grado de dureza a lo largo de toda la pechuga (Tijare *et al*. 2016).

Posteriormente los filetes de pechuga se colocaron en charolas de aluminio, se cubrieron con papel del mismo material y se cocinaron en un horno de convección Coriat, (HC-35-C) por 30 minutos hasta alcanzar una temperatura interna de 76°C (Cavitt *et al*. 2004). Luego se dejaron enfriar a temperatura ambiente (24°C), se envolvieron en papel aluminio y se colocaron durante 24 horas en una cámara fría a 4°C. Posteriormente se sometieron a fuerza de compresión (newtons, N) y a la prueba de energía total (newtons/m, N*mm) (Cavitt *et al*. 2004, Lee *et al*. 2008) utilizando un texturómetro Stable Micro System (TA-HD plus).

Se empleó la técnica conocida como MORS (Meullenet-Owens Razor Shear) (Cavitt *et al*. 2004) para medir la suavidad de los filetes sin marinar. Se realizaron cuatro cortes perpendiculares al eje longitudinal de las fibras musculares con una

navaja de 0,5 mm de espesor; 8,9 mm de ancho y 30,0 mm de alto, la profundidad del corte fue de 20,0 mm (Lee *et al*. 2008).

De las 7 a las 12 semanas de edad, se observó el comportamiento de grupo de los pollos mediante observaciones directas, el comportamiento se registró mediante fotos y vídeos con una cámara Canon Power Shot (Sx 420 IS). Los cambios en el comportamiento de los pollos se registraron por períodos de 10 minutos, cuatro veces por semana. Se otorgó un período de acostumbramiento de 5 minutos, de los pollos al observador, antes de cada observación. Los comportamientos se agruparon en 5 clasificaciones: activos, confortables, comiendo, bebiendo y levantados. Los activos incluyeron los comportamientos de baño de arena, forrajear y batir las alas. Acicalarse, dormir y acostarse de lado se incluyeron en la categoría de confortables. Al inicio de cada observación se registró la temperatura ambiental, la humedad relativa y la iluminación mediante un medidor Spercientific (850070). Cada grupo de comportamientos se reportó como porcentaje del total de observaciones de acuerdo con el método reportado por Shields *et al*. (2005).

Análisis de datos.

Todos los datos se analizaron mediante la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks y mediante la prueba de residuos estandarizados. Se realizó un análisis de correlación de los datos y se utilizó la prueba de Anova de un factor (Welch's) para comparar los indicadores productivos (peso vivo, peso de la canal caliente, peso de la canal fría, peso de pechuga) la edad, la fuerza de corte, la energía de corte

de los filetes y los indicadores fisiológicos (concentración de proteína C reactiva, leucocitos, eosinófilos, basófilos, monocitos y la relación heterófilo-linfocito) de acuerdo con los grados de lesión para ambas miopatías.

Se aplicó la prueba de equidad de varianzas de Levene's y la prueba de Games-Howell para diferencias entre medias con varianzas desiguales y tamaños de muestra desiguales. Se realizó un análisis de regresión logística multinomial para conocer el grado de asociación de los indicadores con la presentación de los grados de lesión para EB y PM. Se utilizó la clasificación de normales como la categoría de referencia.

Para los datos de palpación de la pechuga en vivo y palpación de la pechuga en canal se aplicó la prueba de independencia de Chi-cuadrado y la prueba de V de Cramer para conocer el grado de asociación entre los dos tipos de palpación. Se realizó la prueba de Anova de un factor para comparar la fuerza y energía de corte con los diferentes grados de consistencia a la palpación en vivo.

Se realizó análisis de regresión logística multinomial para conocer el grado de asociación entre la palpación en vivo y en canal con el peso vivo. Los datos de comportamiento se analizaron de manera descriptiva. Para todos los análisis se utilizó el programa estadístico The jamovi project (2022) Jamovi (Version 2.25).

Resultados y discusión

El porcentaje de lesiones observadas de acuerdo con el grado de severidad para EB y PM se presenta en el Cuadro 3.1. Las lesiones por EB presentaron un mayor porcentaje de lesiones leves y menor porcentaje de lesiones severas ($p < 0,01$). Las lesiones por PM presentaron un mayor porcentaje de lesiones normales y menor porcentaje de lesiones severas. Algunos pollos presentaron lesiones de ambos tipos de miopatías, otros solo de un tipo de miopatía; resultados similares fueron reportados por Kuttappan *et al*. (2012) y Tijare *et al*. (2016). Se considera que ambas miopatías pueden ocurrir en forma conjunta, que forman parte del mismo espectro de enfermedades y que juntas representan la mayor parte de lesiones encontradas en las pechugas de los pollos de engorde (Griffin *et al.* 2018, Lake at al. 2021). Petracci *et al*. (2019) reportan que las EB son las miopatías más reportadas en pechugas de pollo en Italia, Francia, España y Brasil.

La presencia de lesiones leves y moderadas también fue mayor que las severas en ambas miopatías en estudios previos (Kuttappan *et al*. 2013a, Tijare *et al*. 2016, Kuttappan *et al*. 2016, Alnahhas *et al*. 2016). La presentación de EB está determinada por la genética, el manejo y el medio ambiente de las aves (Kuttappan *et al*. 2013a). Pollos de líneas genéticas de rápido crecimiento, con mayor rendimiento de pechuga muestran mayor incidencia de EB comparada con pollos con rendimiento de pechuga estándar (Lorenzi *et al*. 2014, Soglia *et al.* 2021). La presentación de lesiones severas de EB en pollos Ross 308 fue mayor que en pollos Cobb 500 criados bajo condiciones comerciales (Lorenzi *et al*.

2014), lo que indica un efecto de la línea genética de los pollos. Lake *et al.* (2021) estimaron una heredabilidad de 0,5 para ambas miopatías y una alta correlación entre ellas (0,88). Los factores ambientales y de manejo, como la calidad de la cama (Barbut 2019) contribuyen en más del 65% de la variación en la presentación de PM en pollos de engorde (Bailey *et al*. 2020). La tasa de crecimiento fue asociada con un incremento en la presentación y en la severidad de las lesiones de PM y EB (Kuttappan *et al*. 2012, Griffin *et al*. 2018). El crecimiento acelerado del músculo reduce el espacio intersticial entre el músculo pectoral mayor y el epimisio, limitando el movimiento de la fascia y provocando daño muscular e hipoxia (Griffin *et al*. 2018).

Cuadro 3.1. Porcentaje de lesiones observadas de acuerdo con el grado de severidad para estrías blancas y pechuga de madera.

Severidad de la lesión	Estrías blancas n=315	Pechuga de madera n=315	Valor de p
Normales	29,20 a	44,13 a	0,0001
Leves	50,79 b	30,16 b	0,0001
Moderadas	18,09 c	16,51 c	0,0025
Severas	1,92 d	9,23 d	0,0001

Letras diferentes indican diferencias significativas p<0,01 entre la severidad de las lesiones en cada miopatía

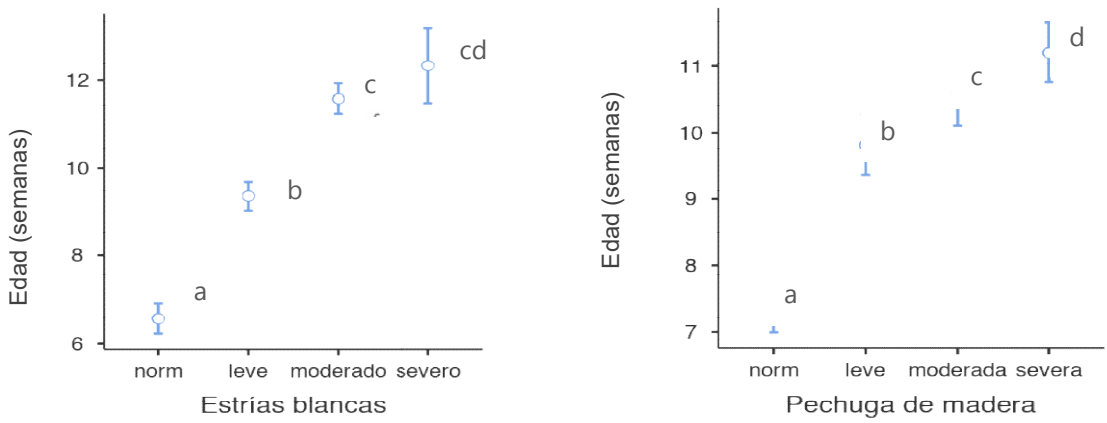
La mayoría de los indicadores productivos en este estudio presentaron correlaciones altas entre ellos. La fuerza de corte y la energía de corte no mostraron correlación con respecto a los demás indicadores productivos y presentaron alta correlación entre sí (r^2=0,86). Ambos parámetros son utilizados para medir la textura de las pechugas y predecir los atributos sensoriales, no los

productivos (Chatterjee *et al*. 2016). La edad mostró correlación alta con la proteína C reactiva (r^2=0,60) y baja con la relación heterófilo-linfocito (r^2=-0,20) y con los eosinófilos (r^2=0,23). Crawford *et al.* (2006), Sproston y Ashworth (2018) indican que la proteína C reactiva presenta diferencias en sus concentraciones normales por efecto de la edad, sexo y del grupo étnico en humanos. La proteína C reactiva mostró correlaciones altas con los pesos vivo (r^2=0,50), en canal (r^2=0,46) y de pechuga (r^2=0,53). La proteína C reactiva se considera un marcador clínico no específico de inflamación en pollos (Marques *et al.* 2017) y las miopatías como PM y EB pueden causar inflamación de las miofibrillas en diferentes grados (Sihvo *et al.* 2014). La presentación de EB y PM también se ha relacionado con el peso corporal y el tamaño de la pechuga (Kuttappan *et al.* 2016, Griffin *et al.* 2018) de esta manera la presencia de pechugas más grandes con más lesiones se podría relacionar con la concentración de proteína C reactiva pero sin que este hallazgo se pueda mencionar como una posible causa.

Conforme aumentó la edad de los pollos fue observado un aumento significativo ($p < 0,01$) en la severidad de las lesiones, y diferencias significativas entre las lesiones normales, leves y moderadas para las estrías blancas y entre todos los grados de lesión para la pechuga de madera (Fig. 3.1). Esto indica que una mayor edad aumenta la presentación de lesiones de moderadas a severas. Kuttappan *et al*. (2016) reportaron lesiones severas de EB y PM asociadas a pollos de mayor de edad y mayor cantidad de lesiones leves y moderadas en pollos de 9 semanas de edad, con pesos corporales mayores, comparados con pollos de 6 semanas de edad. Al aumentar el tamaño del músculo con la edad, las estriaciones por EB se observan más cercanas a la superficie de la pechuga formando parte de los

alrededores del epimisio según lo observado por Chatterjee *et al*. (2016). Soglia *et al.* (2021) mencionan que en estadios iniciales de ambas miopatías se ven afectadas las áreas superficiales y la porción craneal del músculo y que en aves de mayor edad se ha observado que todo el músculo está involucrado.

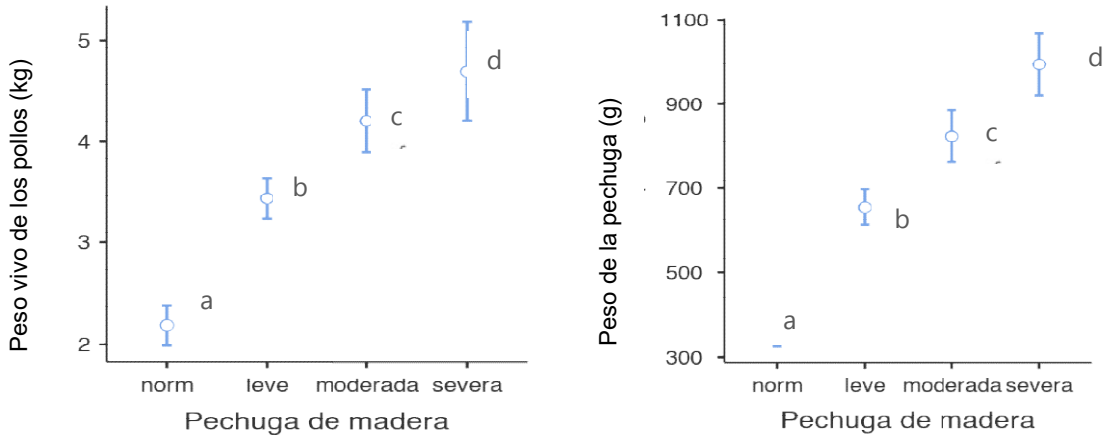
El aumento en el peso vivo y en el peso de pechuga también aumentó significativamente (p <0,01) la severidad de las lesiones. Resultados similares fueron obtenidos por Mudalal *et al*. (2015), Griffin *et al.* (2018) quienes también observaron que pechugas de mayor tamaño presentaron mayor cantidad y severidad de lesiones por EB y PM lo que soporta la hipótesis de que el proceso de selección para un crecimiento más rápido y mayor rendimiento de pechuga contribuyen a la presentación de estas miopatías.



Letras diferentes indican diferencias significativas, p<0,01

Fig 3.1. Promedio de lesiones por edad en semanas de acuerdo con el grado de severidad de las estrías blancas y pechuga de madera observadas (normal, leve, moderada y severa) en pollo de engorde, las barras de error muestran intervalo de 95% de confianza.

Diferencias significativas fueron observadas entre todos los grados de severidad de las lesiones para PM (Fig.3.2) de acuerdo con el peso vivo de los pollos y el peso de la pechuga.



Letras diferentes indican diferencias significativas, p<0,01

Fig. 3.2. Promedio de peso vivo y peso de pechuga de acuerdo con el grado de severidad de las lesiones observadas por pechuga de madera (normal, leve, moderada y severa) en pollo de engorde. Las barras de error muestran intervalos 95% de confianza.

En el caso de las EB se observaron diferencias significativas (p<0,01) entre la mayor parte de los grados de lesión de acuerdo con la edad, peso vivo, peso de la canal en caliente, peso de la canal fría y en el peso de pechuga. Sin embargo; no se observaron diferencias significativas entre las lesiones moderadas y severas (Cuadro 3.2).

Cuadro 3.2. Descripción de los datos para los indicadores productivos analizados por grado de severidad para estrías blancas.

Indicador	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Edad, semanas					
Normales	6,56 a	6,00	1,68	5,00	12,00
Leves	9,36b	9,00	2,14	6,00	13,00
Moderadas	11,58c	12,00	1,34	8,00	13,00
Severas	12,33cd	12,50	0,82	11,00	13,00
Peso vivo, kg					
Normales	1,90 a	1,68	1,09	0,82	9,23
Leves	3,24b	3,13	1,11	1,17	6,20
Moderadas	4,49c	4,37	1,16	0,58	6,86
Severas	4,97cd	5,07	0,96	3,74	6,24
Peso canal caliente, kg					
Normales	1,29 a	1,07	0,61	0,54	3,40
Leves	2,43b	2,34	0,87	0,80	4,81
Moderadas	3,41c	3,21	0,85	1,47	5,30
Severas	3,77cd	3,90	0,72	2,71	4,70
Peso canal fría, kg					
Normales	1,32 a	1,07	0,64	0,55	3,58
Leves	2,44b	2,28	0,89	0,80	4,84
Moderadas	3,53c	3,47	0,80	2,00	5,35
Severas	3,86cd	4,03	0,75	2,75	4,80
Peso pechuga, g					
Normales	302,00 a	255,00	152,00	102,00	746,00
Leves	604,00b	573,00	229,00	172,00	1244,00
Moderadas	926,00c	884,00	200,00	526,00	1412,00
Severas	1055,00cd	1047,00	173,00	884,00	1344,00

Letras diferentes indican diferencias significativas entre las filas, $p<0,01$

La tasa de crecimiento rápido, asociada al aumento en las demandas metabólicas del músculo y el incremento en el rendimiento de la pechuga y de la canal se han relacionado con un incremento en la aparición de lesiones de PM (Mudalal *et al*. 2015, Petracci *et al*. 2019). Se ha encontrado una relación directa entre el crecimiento acelerado y la disminución en la densidad capilar, poco crecimiento del tejido conectivo y gran estrés metabólico (MacRae *et al*. 2006). El crecimiento

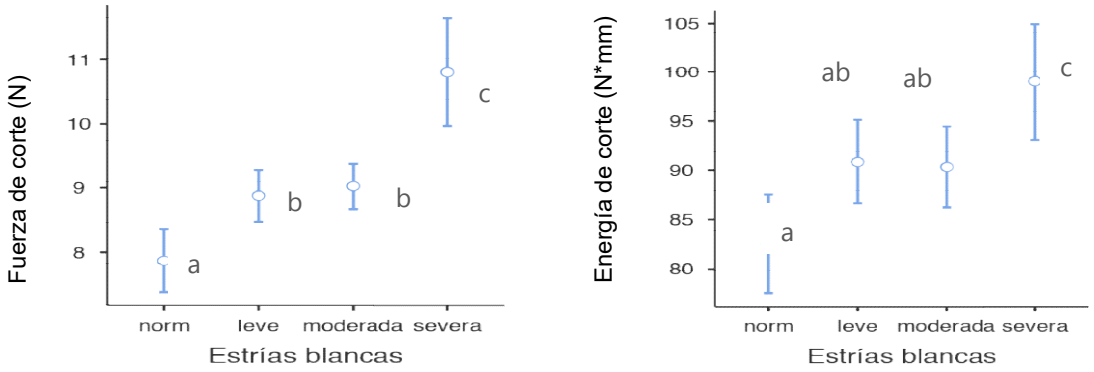
rápido provoca hipertrofia de las fibras musculares asociado con poca capilarización y un inadecuado suministro de oxígeno y nutrientes, provocando estrés metabólico (MacRae *et al*. 2006). El rango de crecimiento, el repentino aumento de actividad de los pollos y número de células madre embrionarias también se han asociado con la presentación y severidad de ambas miopatías (Barbut 2019).

Lesiones severas de EB fueron asociadas, por otros autores, con filetes de pechuga más gruesos, más pesados y con altas tasas de crecimiento corporal en pollos bajo condiciones comerciales (Kuttappan *et al*. 2012). Diversos estudios han reportado una asociación entre la profundidad del músculo pectoral mayor y la presentación de lesiones de EB y PM (Kuttappan *et al*. 2013a, Kuttappan *et al.* 2013b, Alnahhas *et al*. 2016, Griffin *et al*. 2018, Petracci *et al*. 2019). El crecimiento acelerado del músculo pectoral menor también resulta en un aumento de la presión intramuscular, en isquemia, hipoxia y necrosis (Griffin *et al*. 2018). La selección genética intensiva para obtener un rápido crecimiento, mayor rendimiento de canal y de pechuga se puede acompañar de una disminución en la llegada que capilares sanguíneos, resultado en la aparición de miopatías (Kuttappan *et al*. 2013b).

La severidad de las lesiones de EB y PM también se ha asociado con la parvada y con factores nutricionales como el nivel de proteína en las dietas de la fase de mayor crecimiento (Barbut 2019). Pollos alimentados con dietas altas en grasa también mostraron un aumento en la severidad de las lesiones de EB (Kuttappan

et al. 2013a). Wang *et al.* (2021) mencionan que los procesos inflamatorios y de estrés oxidativo del intestino pueden provocar una inflamación sistémica afectando la pechuga y sugieren que el uso de vitamina E y ácido alfa lipoico, combinados en la dieta, contribuyen al control de los procesos inflamatorios intestinales y al control de PM.

La fuerza de corte ($p < 0,01$) y la energía de corte fueron significativas ($p < 0,01$) para las EB (Fig. 3.3), pero no para la PM. Se observaron diferencias significativas ($p < 0,01$) en la fuerza y energía de corte para EB entre las pechugas normales y leves y entre las moderadas y severas. No se observaron diferencias significativas entre las pechugas leves y moderadas. Autores como Tijare *et al*. (2016) tampoco encontraron diferencias en la fuerza y energía de corte de filetes no marinados con PM ni con lesiones por EB. Chatterjee *et al*. (2016), Bowker *et al.* (2019), Tasoniero *et al.* (2020) observaron cambios en la textura en pechugas con lesiones de PM. La fuerza y la energía de corte fueron mayores para las pechugas con lesiones severas de EB, hallazgos similares fueron obtenidos por Mudalal *et al.* (2015).



Letras diferentes indican diferencias significativas, p<0,01

Fig. 3.3. Promedio de la fuerza de corte (N) y la energía total de corte (N*mm) y de acuerdo con el grado de severidad de las estrías blancas observadas (normal, leve, moderada y severa) en pollo de engorde, las barras de error muestran intervalos de confianza 95%.

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los indicadores fisiológicos: perfil hematológico, relación H/L y la concentración de proteína C reactiva (Cuadro 3.3) y la severidad de las lesiones encontradas para ambas miopatías. Kuttapan *et al*. (2013a) tampoco encontraron diferencias hematológicas entre pollos con lesiones y sin lesiones de PM y miopatía craneal dorsal (Amaral *et al*. 2017).

Cuadro 3.3. Descripción de los datos para los indicadores fisiológicos analizados por grado de severidad para pechuga de madera.

Indicador	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Valor de p
Proteína C reactiva, mg/L						0,2576
Normal	9,01	7,50	11,20	0,62	62,00	
Leve	15,62	10,25	17,53	0,62	72,20	
Moderadas	14,74	11,65	12,93	3,75	55,44	
Severas	18,43	9,05	22,45	5,25	73,50	
Relación hetérofilo-linfocito						0,9483
Normal	2,04	0,80	3,34	0,30	16,60	
Leve	1,66	0,60	5,09	0,20	33,50	
Moderadas	2,06	0,80	5,45	0,30	24,50	
Severas	1,24	0,80	1,16	0,40	3,80	
Leucocitos x 10^9/L						0,2697
Normal	11,88	8,90	8,08	5,50	41,40	
Leve	9,27	8,50	3,26	4,80	18,70	
Moderadas	9,62	7,00	6,63	5,70	34,50	
Severas	10,89	9,70	4,06	5,70	20,20	
Eosinófilos x 10^9/L						0,2582
Normal	0,49	0,40	0,38	0,00	1,30	
Leve	0,41	0,40	0,26	0,10	1,40	
Moderadas	0,49	0,50	0,37	0,00	1,50	
Severas	0,63	0,60	0,36	0,00	1,20	
Basófilos x 10^9/L						0,5015
Normal	0,65	0,60	0,46	0,00	2,00	
Leve	0,56	0,50	0,35	0,00	1,70	
Moderadas	0,51	0,50	0,37	0,10	1,40	
Severas	0,47	0,35	0,33	0,20	1,10	
Monocitos x 10^9/L						0,6099
Normal	1,02	0,60	1,22	0,10	1,30	
Leve	0,69	0,50	0,67	0,10	1,40	
Moderadas	1,02	0,50	1,66	0,10	1,50	
Severas	0,99	0,65	0,81	0,10	1,20	

Sin embargo; algunos autores como Kuttappan *et al*. (2013b) reportan que un aumento en el conteo de leucocitos puede estar asociado con estrés y condiciones inflamatorias. Otros autores como Huang y Ahn (2018) han reportado que la súper familia de las inmunoglobulinas puede ser sobre expresada en anormalidades musculares, indicando presencia de tejido inflamado.

Incrementos en la relación H/L reflejan la respuesta del sistema inmune al estrés crónico asociado a un aumento sostenido de las concentraciones de corticosterona en sangre. Pero no todos los estresores aumentan este parámetro, tal como se observó en este experimento. Estresores como el calor, el frío, deficiencias nutricionales o altas densidades incrementan en forma evidente la relación H/L (Scanes 2016). A pesar de que la proteína C reactiva (CRP) es parte de la respuesta no específica de la fase aguda de la inflamación y se considera un marcador muy sensible de daño tisular (Sohail *et al*. 2010), no fue posible encontrar diferencias significativas entre las concentraciones de CRP y el grado de severidad para ambas miopatías. Por lo que se recomienda realizar futuros análisis con mayor número de muestras para este marcador fisiológico.

El modelo logístico final obtenido en este estudio mostró que el peso vivo y el peso de pechuga están significativamente ($p < 0,01$) asociados con la severidad de las lesiones (leve, moderada y severa) para ambas miopatías como muestra el Cuadro 3.4. Esto indica que conforme aumenta el peso vivo y el peso de las pechugas en una unidad (1 kg) para ambas miopatías la probabilidad de que ocurran lesiones más severas aumenta. El riesgo de ocurrencia de lesiones de EB

y PM está asociado con mayores pesos corporales y mayor tamaño de las pechugas tal como lo reportan Kuttappan *et al*. (2013b).

Cuadro 3.4. Odds ratio, intervalo de confianza 95% y valor de P para peso vivo (kg) y peso de pechuga (kg) según el grado de severidad para estrías blancas y pechuga de madera.

	Odds ratio	95% IC	Valor de p	Odds ratio	95% IC	Valor de p
	Estrías blancas			Pechuga de madera		
Peso vivo, kg			0,0000			0,0001
Leve	3,6869	0,03-0,15	0,0000	2,8587	2,13-3,83	0,0001
Moderada	8,5309	2,62-5,18	0,0000	4,9160	3,37-7,16	0,0001
Severa	11,0903	5,39-22,82	0,0000	6,6649	4,25-10,44	0,0001
Peso de pechuga, kg			0,0000			0,0001
Leve	3300	442,2-24626,5	0,0000	1194,55	201,39-7085,34	0,0001
Moderada	$2,3x10^{-6}$	137991-3,9 $x10^{7}$	0,0000	40420,55	3910,82-417768,70-	0,0001
Severa	$4,13x10^{7}$	306502-5,5 $x10^{9}$	0,0000	1,44 $x10^{-6}$	73213,00-2,85 $x10^{6}$	0,0001

De acuerdo con la prueba V de Cramer, la palpación de la pechuga realizada a los pollos en vivo estuvo altamente correlacionada (r^2= 0,8667) con la consistencia de las pechugas procesadas. De Almeida-Mallmann (2019) observaron resultados similares en PM a los 26, 33, 40 y 54 días de edad. No se observaron diferencias significativas entre los diferentes grados de dureza de las pechugas a la palpación (0-3) y la fuerza de corte (p>0,05) y la energía de corte (p>0,05).

El peso vivo de los pollos se correlacionó significativamente (p <0,01) con la consistencia más firme detectada durante la palpación de las pechugas en vivo y en canal (Cuadro 3.5), tal como lo mencionan Mudalal *et al.* (2015).

Cuadro 3.5. Odds ratio, intervalo de confianza 95% y valor de P para la palpación de pechuga en vivo y el peso vivo.

Palpación pechuga en vivo	Odds ratio	95% IC	Valor de p	Palpación pechuga en canal	Odds ratio	95% IC	Valor de p
Consistencia							
1	1,5619	0,7863-3,1023	0,2029	1	1,4309	0,7842-2,6109	0,2429
2	1,9957	0,9822-4,0550	0,0561	2	1,6913	0,9074-3,1523	0,0981
3	4,2766	1,9047-9,6023	0,0004	3	3,8552	1,7944-8,2830	0,0005

Conforme aumentó el peso vivo hubo una mayor probabilidad de obtener pechugas más consistentes o duras (grado 3) en los dos tipos de palpación en vivo y procesada. Estos resultados sugieren que la palpación en vivo de las pechugas de los pollos puede ser utilizada como un indicador de la dureza y mayor consistencia de las pechugas procesadas y como un método no invasivo para el diagnóstico de lesiones severas en ambas miopatías.

Los cambios en el comportamiento de los pollos pueden ser considerados como un indicador consistente de su estado sanitario (Bozakova *et al*. 2007). Las miopatías pueden afectar el comportamiento de los pollos, algunos autores han observado que pollos con PM se mueven menos y presentan más problemas para caminar que pollos sin PM (Norring *et al*. 2018). Pollos con distrofia muscular

mostraron un mayor número de veces el comportamiento de echarse y un menor número de veces comiendo, caminando o realizando baño de arena comparado con los controles en un estudio realizado por Mellor (2017).

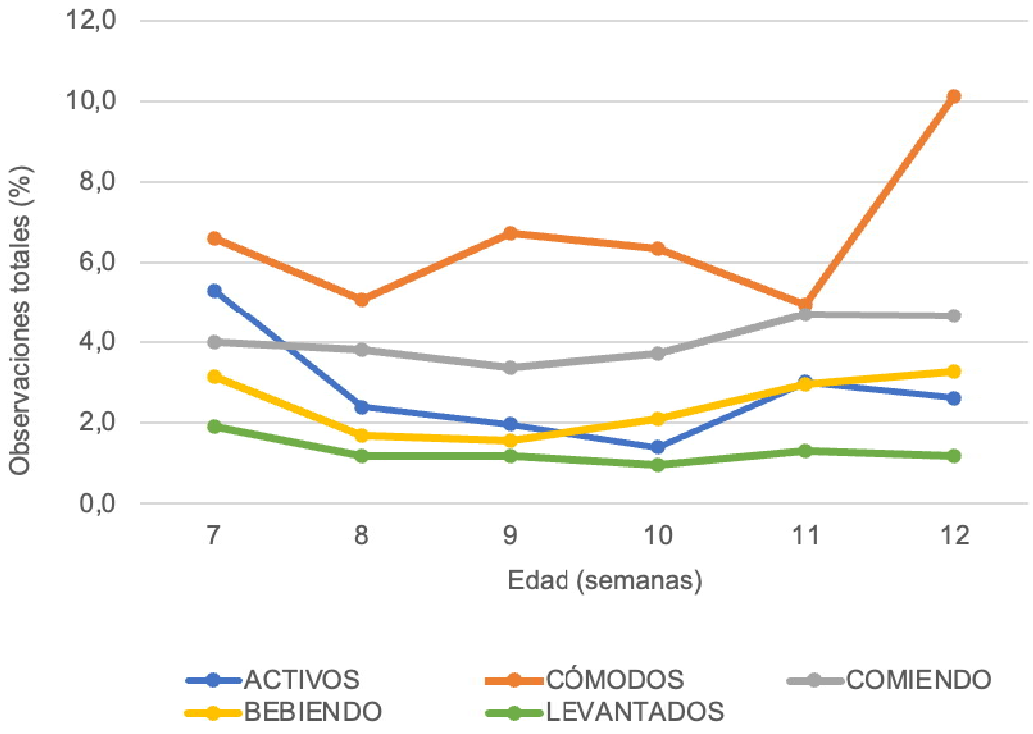


Fig. 3.4. Descripción del comportamiento de los pollos por observación continua

En este trabajo la densidad no se ajustó luego que los pollos fueron sacrificados, por lo que se muestra un análisis descriptivo (Fig. 3.4). Los pollos mostraron mayor cantidad de comportamientos de comodidad (acicalarse, dormir y acostarse de lado) durante todas las semanas de observación, posiblemente debido a que no se ajustó el espacio a la cantidad de pollos por semana. Yanai *et al.* (2018) observaron que pollos alojados en altas densidades (20 pollos por metro cuadrado) reducen la expresión de los comportamientos de comodidad.

Comer y beber también fueron comportamientos frecuentemente observados y estuvieron correlacionados con la temperatura (r^2=0,67) y humedad relativa ambiental (r^2=0,52). En días más calientes los pollos visitaron más al bebedero. Branco *et al.* (2021) observaron secuencias de comportamiento que incluían permanecer echados más tiempo, beber y acostarse de lado en pollos bajo estrés calórico. Los pollos permanecieron poco tiempo levantados durante todo el experimento, sin embargo, no fue posible relacionar este comportamiento con la presencia de miopatías. Lourenço da Silva *et al.* (2021) observaron que el comportamiento de permanecer echados fue el más frecuente en pollos de engorde sanos, sin estrés de calor y sin enriquecimiento ambiental. La conformación corporal de los pollos modernos puede explicar también el bajo nivel de actividad de los pollos, debido a que el crecimiento rápido de la pechuga mueve el centro de gravedad hacia delante y el tamaño relativamente corto de las patas, en relación con el peso y tamaño del cuerpo, dificulta el movimiento de las aves (Gentle 2011).

Conclusiones

Los indicadores fisiológicos y de comportamiento no tuvieron relación con la presentación y la severidad de las lesiones encontradas para ambas miopatías. La palpación de la pechuga de los pollos vivos estuvo altamente correlacionada con la palpación de la pechuga procesada y se sugiere como un indicador no invasivo de la consistencia y severidad de las lesiones de ambas miopatías. Los

indicadores productivos y la edad estuvieron relacionados con la severidad de las lesiones. En estudios futuros, se sugiere evaluar otros indicadores fisiológicos y de comportamiento, e indicadores de dolor y su relación con la presentación y severidad de miopatías en pollos de engorde.

Referencias

Alnahhas, N; Berri, C; Chabault, M; Chartrin, P; Boulay, M; Bourin, MC; Bihan-Duval, E le. 2016. Genetic parameters of white striping in relation to body weight, carcass composition, and meat quality traits in two broiler lines divergently selected for the ultimate pH of the pectoralis major muscle (en línea). BMC Genetics 17(1). DOI: https://doi.org/10.1186/S12863-016-0369-2.

Amaral, P; Zimermann, C; Santos, L; Noro, M; Prá, M; Pilotto, F; Rodrigues, L; Dickel, E. 2017. Evaluation of physiological parameters of broilers with dorsal cranial myopathy (en línea). Brazilian Journal of Poultry Science 19(1):69–74. DOI: https://doi.org/10.1590/1806-9061-2016-0377.

Bailey, RA; Souza, E; Avendano, S. 2020. Characterising the influence of genetics on breast muscle myopathies in broiler chickens (en línea). Frontiers in Physiology 11:1041. DOI: https://doi.org/10.3389/FPHYS.2020.01041/BIBTEX.

Barbut, S. 2019. Recent myopathies in broiler's breast meat fillets (en línea). World's Poultry Science Journal 75(4):559–582. DOI: https://doi.org/10.1017/S0043933919000436.

Bokkers, EAM; Koene, P. 2004. Motivation and ability to walk for a food reward in fast- and slow-growing broilers to 12 weeks of age (en línea). Behavioural Processes 67(2):121–130. DOI: https://doi.org/10.1016/j.beproc.2004.03.015.

Bowker, B; Zhuang, H. 2019. Detection of razor shear force differences in broiler breast meat due to the woody breast condition depends on measurement technique and meat state (en línea). Poultry Science 98(11):6170–6176. DOI: https://doi.org/10.3382/ps/pez334.

Bozakova, N; Stoyanchev, K; Girginov, D; Stoyanchev, T. 2007. Ethological study of broiler chickens after induction and treatment of muscular dystrophy (en línea). Trakia Journal of Sciences 5(4):19–23. Consultado 2 Sep. 2021. Disponible en: http://www.uni-sz.bg.

Branco, T; Jorge De Moura, D; de Alencar Nääs, I; Duarte, N; Lima, S; Klein, DR; Robson, S; Oliveira, M. 2021. The sequential behavior pattern analysis of broiler chickens exposed to heat stress (en línea). AgriEngineering 2021, Vol. 3, Pages 447-457 3(3):447–457. DOI: https://doi.org/10.3390/AGRIENGINEERING3030030.

Cavitt, LC; Youm, GW; Meullenet, JF; Owens, CM; Xiong, R. 2004. Prediction of poultry meat tenderness using razor blade shear, Allo-Kramer shear, and sarcomere length (en línea). Journal of Food Science 69(1):SNQ11–SNQ15. DOI: https://doi.org/10.1111/J.1365-2621.2004.TB17879.X.

Chatterjee, D; Zhuang, H; Bowker, BC; Rincon, AM; Sanchez-Brambila, G. 2016. Instrumental texture characteristics of broiler pectoralis major with the wooden breast condition (en línea). Poultry Science 95(10):2449–2454. DOI: https://doi.org/10.3382/PS/PEW204.

Costa, L; Pereira, D; Bueno, L; Pandorfi, H. 2012. Some aspects of chicken behavior and welfare (en línea). Brazilian Journal of Poultry Science 14(3):159–164. DOI: https://doi.org/10.1590/S1516-635X2012000300001.

Cotter, PF. 2015. An examination of the utility of heterophil-lymphocyte ratios in assessing stress of caged hens (en línea). Poultry Science 94 (3): 512–17. DOI: https://doi.org/10.3382/PS/PEU009.

Crawford, DC; Sanders, CL; Qin, X; Smith, JD; Shephard, C; Wong, M; Witrak, L; Rieder, MJ; Nickerson, DA. 2006. Genetic variation is associated with C-reactive protein levels in the third national health and nutrition examination survey (en línea). Circulation 114 (23):2458-2465. DOI: https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.615740.

Davis, AK; Maney, DL; Maerz, JC. 2008. The use of leukocyte profiles to measure stress in vertebrates: a review for ecologists (en línea). Functional Ecology 22(5):760–772. DOI: https://doi.org/10.1111/J.1365-2435.2008.01467.X.

Dawkins, MS. 1999. The role of behaviour in the assessment of poultry welfare (en línea). World's Poultry Science Journal 55(3):295–303. DOI: https://doi.org/10.1079/wps19990022.

De Almeida, B; Mallmann, A. 2019. Prediction and evaluation of breast myopathy (en línea).Tesis Ph.D. Fayetteville, University of Arkansas. Consultado 2 Sep. 2021. Disponible en: https://scholarworks.uark.edu/etd.

Eckersall, PD; Bell, R. 2010. Acute phase proteins: biomarkers of infection and inflammation in veterinary medicine (en línea). Veterinary Journal 185 (1): 23–27. DOI: https://doi.org/10.1016/J.TVJL.2010.04.009.

Gentle, MJ. 2011. Pain issues in poultry (en línea). Applied Animal Behaviour Science 135:252–258. DOI: https://doi.org/10.1016/j.applanim.2011.10.023.

Griffin, JR; Moraes, L; Wick, M; Lilburn, MS. 2018. Onset of white striping and progression into wooden breast as defined by myopathic changes

underlying pectoralis major growth. Estimation of growth parameters as predictors for stage of myopathy progression (en línea). Avian Pathology: journal of the W.V.P.A 47 (1): 2–13. DOI: https://doi.org/10.1080/03079457.2017.1356908

Gross, WB; Siegel, HS. 1983. Evaluation of the heterophil/lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens (en línea). Avian diseases 27(4):972–979. DOI: https://doi.org/10.2307/1590198.

Harvey, JW. 2001. Atlas of veterinary hematology. Philadelphia, Estados Unidos. W.B. Saunders. Harvey, JW (ed.). 21–44 p.

Huang, X; Ahn, DU. 2018. The incidence of muscle abnormalities in broiler breast meat – a review (en línea). Korean Journal for Food Science of Animal Resources 38(5):835. DOI: https://doi.org/10.5851/KOSFA.2018.E2.

Kuttappan, VA; Brewer, VB; Apple, JK; Waldroup, PW; Owens, CM. 2012. Influence of growth rate on the occurrence of white striping in broiler breast fillets (en línea). Poultry Science 91 (10): 2677–85. DOI: https://doi.org/10.3382/PS.2012-02259.

Kuttappan, VA; Brewer, VB; Mauromoustakos, A; McKee, SR; Emmert, JL; Meullenet, JF; Owens, C.M. 2013a. Estimation of factors associated with the occurrence of white striping in broiler breast fillets (en línea). Poultry Science 92 (3): 811–19. DOI: https://doi.org/10.3382/PS.2012-02506.

Kuttappan, VA; Huff, GR; Huff, WE; Hargis, BM; Apple, JK; Coon, C. 2013b. Comparison of hematologic and serologic profiles of broiler birds with normal and severe degrees of white striping in breast fillets (en línea). Poultry Sciences. 2013 Feb 1;92(2):339–45. DOI: https://doi.org/ 10.3382/PS.2012-02647.

Kuttappan, VA; Hargis, BM; Owens, CM. 2016. White striping and woody breast myopathies in the modern poultry industry: a review. (en línea). Poultry Science 95 (11): 2724–33. DOI: https://doi.org/10.3382/PS/PEW216.

Lake, JA; Dekkers, JCM; Abasht, B. 2021. Genetic basis and identification of candidate genes for wooden breast and white striping in commercial broiler chickens (en línea). Scientific Reports 2021 11:1 11(1):1–13. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-021-86176-4.

Lee, YS; Owens, CM; Meullenet, JF. 2008. The Meullenet-owens razor shear (mors) for predicting poultry meat tenderness: its applications and optimization (en línea). Journal of Texture Studies 39(6):655–672. DOI: https://doi.org/10.1111/J.1745-4603.2008.00165.X.

Lorenzi, M; Mudalal, S; Cavani, C; Petracci, M. 2014. Incidence of white striping under commercial conditions in medium and heavy broiler chickens in Italy (en línea). Journal of Applied Poultry Research 23 (4): 754–58. DOI: https://doi.org/10.3382/JAPR.2014-00968

Lourenço da Silva, MI; Almeida Paz, IC de L; Chaves, GHC; Almeida, IC de L; Ouros, CC dos; Souza, SRL de; Milbradt, EL; Caldara, FR; Satin, AJG; Costa, GA da; Glavina, ASG. 2021. Behaviour and animal welfare indicators of broiler chickens housed in an enriched environment (en línea). PLOS ONE 16(9):e0256963. DOI: https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0256963.

MacRae, VE; Mahon, M; Gilpin, S; Sandercock, DA; Mitchell, MA. 2006. Skeletal muscle fibre growth and growth associated myopathy in the domestic chicken (Gallus Domesticus) (en línea). British Poultry Science 47 (3): 264–72. DOI: https://doi.org/10.1080/00071660600753615.

Manteca, X. 2016. Use of outcome -based measures and design- based measures (online). In 4ta Conferencia Mundial de la OMSA sobre Bienestar Animal. Guadalajara, México, OMSA. Consultado 25 Jun. 2020. Disponible en https://www.OMSA.int/esp/animal-welfare-conf2016/presrec.html.

Marques, AT; Nordio, L; Lecchi, C; Grilli, G; Giudice, C; Ceciliani, F. 2017. Widespread extrahepatic expression of acute-phase proteins in healthy chicken (Gallus gallus) tissues (en línea). DOI: https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2017.06.006.

Marques, AT. 2016. Molecular biomarkers of welfare in poultry (online). Tesis Ph.D. Milan, Università degli studi di Milano. 1–206 p. Consultado 8 Sep. 2021. Disponible en https://www.semanticscholar.org/paper/MOLECULAR-BIOMARKERS-OF-WELFARE-IN-POULTRY-Marques/def72aba2da1595edf010008a3470ee3e10542b1.

Mellor, DJ. 2017. Operational details of the five domains model and its key applications to the assessment and management of animal welfare (en línea). Animals: an Open Access Journal from MDPI 7(8):60. DOI: https://doi.org/10.3390/ANI7080060.

Mudalal, S; Lorenzi, M; Soglia, F; Cavani, C; Petracci, M. 2015. Implications of white striping and wooden breast abnormalities on quality traits of raw and marinated chicken meat (en línea). Animal 9(4):728–734. DOI: https://doi.org/10.1017/S175173111400295X.

Norring, M; Valros, A; Valaja, J; Sihvo, H.K; Immonen, K; Puolanne, E. 2018. Wooden breast myopathy links with poorer gait in broiler chickens (en línea). Animal : an international journal of animal bioscience 13(8):1690–1695. DOI: https://doi.org/10.1017/S1751731118003270.

Petracci, M; Mudalal, S; Soglia, F; Cavani, C. 2019. Meat quality in fast-growing broiler chickens (en línea). https://doi.org/10.1017/S0043933915000367 71(2):363–374. DOI: https://doi.org/10.1017/S0043933915000367.

Scanes, CG. 2016. Biology of stress in poultry with emphasis on glucocorticoids and the heterophil to lymphocyte ratio (en línea). Poultry Science 95(9):2208–2215. DOI: https://doi.org/10.3382/PS/PEW137.

Shields, SJ; Garner, JP; Mench, JA. 2005. Effect of sand and wood-shavings bedding on the behavior of broiler chickens (en línea). Poultry Science 84 (12): 1816–24.DOI: https://doi.org/10.1093/PS/84.12.1816.

Shini, S; Kaiser, P; Shini, A; Bryden; WL. 2008. Differential alterations in ultrastructural morphology of chicken heterophils and lymphocytes induced by corticosterone and lipopolysaccharide (en línea). Veterinary Immunology and Immunopathology 122 (1–2): 83–93. DOI: https://doi.org/10.1016/J.VETIMM.2007.10.009.

Sihvo, H.K; Immonen, K; Puolanne, E. 2014. Myodegeneration with fibrosis and regeneration in the pectoralis major muscle of broiler (en línea). Veterinary Pathology 2014, 51(3) 619-623. DOI: https://doi.org/10.1177/0300985813497488.

Soglia, F; Petracci, M; Davoli, MR; Zappaterra, M. 2021. A critical review of the mechanisms involved in the occurrence of growth-related abnormalities affecting broiler chicken breast muscles (en línea). Poultry Science 100(6). DOI: https://doi.org/10.1016/J.PSJ.2021.101180.

Sohail, MU; Ijaz, A; Yousaf, MS; Ashraf, K; Zaneb, H; Aleem, M. 2010. Alleviation of cyclic heat stress in broilers by dietary supplementation of mannan-oligosaccharide and lactobacillus-based probiotic: dynamics of cortisol, thyroid hormones, cholesterol, C-reactive protein, and humoral immunity (en línea). Poultry Science. 2010 Sep; 89 (9):1934–8. DOI: https://doi.org/10.3382/ps.2010-00751

Sproston, NR; Ashworth, JJ. 2018. Role of C-reactive protein at sites of inflammation and infection (en línea). Frontiers in Immunology 9(APR):754. DOI: https://doi.org/10.3389/FIMMU.2018.00754/BIBTEX.

Tasoniero, G; Bowker, B; Zhuang, H. 2020. Research note: Texture characteristics of wooden breast fillets deboned at different postmortem times (en línea). Poultry science 99(8):4096–4099. DOI: https://doi.org/10.1016/J.PSJ.2020.04.028.

The jamovi project (2022). Jamovi (Version 2.25) [Computer Software]. Retrieved from https://www.jamovi.org.

Tijare, V; Yang, FL; Kuttappan, VA; Alvarado, CZ; Coon, CN; Owens, CM. 2016. Meat quality of broiler breast fillets with white striping and woody breast muscle myopathies (en línea). Poultry Science 95(9):2167–2173. DOI: https://doi.org/10.3382/PS/PEW129.

Wang, J; Clark, DL; Jacobi, SK; Velleman, SG. 2021. Effect of vitamin E and alpha lipoic acid on intestinal development associated with wooden breast myopathy in broilers (en línea). Poultry Science 100(3):100952. DOI: https://doi.org/10.1016/J.PSJ.2020.12.049.

Yanai, T; M. I Abo-Samaha; S. E. El-Kazaz; H. G. Tohamy. 2018. Effect of stocking density on productive performance, behaviour, and histopathology of the lymphoid organs in broiler chickens (en línea). European Poultry Science 82 DOI: https://doi.org/10.1399/EPS.2018.247.