

Artículo Científico

Indicadores de bienestar en pollos de engorde en la primera semana de vida en Costa Rica

Zamora-Sanabria Rebeca¹, Elizondo-Salazar Jorge², Castañeda-Serrano María del Pilar³, Camacho-Sandoval Jorge⁴

RESUMEN

Los aspectos que constituyen el bienestar animal son complejos y multidimensionales. La primera semana de vida es crítica en el desarrollo de los pollos, y los problemas de bienestar son el resultado de una acumulación de factores que comprometen al animal individual y la parvada. El objetivo del trabajo fue identificar indicadores ambientales, de alojamiento, de salud y de comportamiento, para conocer su relación con el bienestar de pollos en granjas comerciales en la primera semana de vida. Se estudió el efecto de múltiples indicadores sobre las variables de bienestar: mortalidad, selección, temperatura corporal, cojeras, rasguños, pododermatitis y rendimientos productivos. 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 bienestar animal, se realizaron análisis de correlación y de regresión con los CP como variables regresoras. Se evaluaron 15 granjas comerciales ubicadas en la zona norte y central de Costa Rica durante los meses de enero a julio del 2019. El análisis redujo la complejidad de los indicadores a siete variables: productivas: enfermedad, integridad de piel y patas, densidad, recursos, ambiente y comportamiento. Los CP que mejor

¹Escuela de Zootecnia. Centro de Investigación en Nutrición Animal. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. Autor para correspondencia: rebeca.zamora@ucr.ac.cr (<https://orcid.org/0000-0002-9679-4647>).

²Estación Experimental Alfredo Volio Mata. Universidad de Costa Rica. Ochomogo, Cartago. Costa Rica. Correo electrónico: jorge.elizondosalazar@ucr.ac.cr (<https://orcid.org/0000-0003-2603-9635>).

³Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. Zapotitlán. Ciudad de México. México. Correo electrónico: pilarcs@unam.mx (<https://orcid.org/0000-0001-5017-9393>).

⁴Posgrado Regional en Ciencias Veterinarias Tropicales. Universidad Nacional. Heredia. Costa Rica. Correo electrónico: jorge.camacho.s@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0001-5259-7468>).

Recibido: 07 marzo 2022 Aceptado: 27 junio 2022

Esta obra está bajo licencia internacional Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas 4.0.



describieron la variabilidad en el bienestar fueron: comportamiento, integridad de piel y patas, densidad, enfermedad y recursos. Los modelos que mejor explicaron 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 cama húmeda mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) en las variables de bienestar, no obstante, la mayoría de las granjas evaluadas tuvieron buena calificación en la integridad de piel y patas. El abordaje de componentes principales permitió la identificación de los principales factores que afectaron el bienestar de los pollos durante la primera semana de edad: calefacción, calidad de cama, enfermedad, disponibilidad de recursos, ambiente y comportamientos de motivación. Además, permitió realizar una clasificación de las granjas de acuerdo con su grado de asociación con las variables de salud.

Palabras clave: Bienestar animal, pollo de engorde, granjas comerciales, primera semana de vida, comportamiento.

ABSTRACT

Indicators of welfare in broilers in the first week of life in Costa Rica. The aspects that compose animal welfare are complex and multidimensional. The first week of life is critical in the development of chickens; the welfare problems in this period are the result of accumulation of factors that compromise the individual animal and the flock. The objective of this work was to identify environmental, housing, health, and behavioral indicators to know their relationship with chickens' welfare on commercial farms during the first week of life. The effect of multiple indicators on welfare variables was studied: mortality, selection, body temperature, lameness, scratches, and pododermatitis. Principal component analysis (PC) was performed to reduce the complexity of the factors studied. Correlation and regression analyses were performed with PC as regressive variables to understand the relationships between PC and animal welfare variables. 15 houses from 15 commercial farms, located in the north and central zone of Costa Rica were evaluated from January to July 2019. The analysis reduced the complexity of the

indicators to seven variables: production, disease, skin and leg integrity, density, resources, environment, and behavior. The PC that best described variability in welfare were behavior, skin and leg integrity, density, disease, and resources. The models that best explained the relationships were those including PC production and health, housing and behavior, health and housing, density and behavior, disease, and housing. The wet litter showed significant differences ($p < 0.05$) in the welfare variables; however, most of the evaluated farms showed good skin and leg integrity scores. The principal components approach allowed the identification of the main effects that affected broiler's welfare on the farms during the first week of age: heating, litter quality, disease, resource availability, environment, and motivational behaviors. It also allowed farm classification according to their degree of association with health variables.

Keywords: Animal welfare, broiler, commercial farms, the first week of life, behavior.

INTRODUCCIÓN

La producción de carne de pollo en el mundo para el año 2019 se estimó en 130,5 millones de toneladas (FAO, 2019), superando la producción de carne de cerdo y de bovinos. El consumo mundial per cápita estimado fue de 43,3 kg (FAO, 2019). En el año 2019 se produjeron 12532,43 millones de pollos en Latinoamérica, y en Costa Rica se engordaron 80 millones de pollos en el mismo año; el consumo per cápita por año en Costa Rica 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 producen, alojan y 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 manual (Aviagen, 2017).

La primera semana de vida de los pollos de engorde representa del 16 al 20% de su vida productiva (Yerpes et al., 2020). Constituye una fase sensible y de transición a otras etapas de crecimiento rápido (Henriksen et al., 2016). Durante este período, los pollitos son fisiológicamente inmaduros y dependientes de los cuidadores (Giersberg et al., 2021), por esta razón son muchos los factores que afectan su bienestar.

El bienestar animal es un concepto multidimensional (Botreau et al., 2007), por lo que es necesario considerar una serie de requisitos y medidas asociadas a sus diferentes dimensiones (salud, comodidad, expresión del comportamiento, relación con los cuidadores, productividad, estado mental) para abordar el tema. Iniciativas como las del Welfare Quality® Project (Welfare Quality Project, 2009) han propuesto la agrupación de indicadores de acuerdo con dimensiones como los principios de buena alimentación, buena salud, estabulación y de comportamiento adecuado. Sin embargo, esta propuesta ha sido criticada por sus limitaciones en aspectos como la evaluación del dolor, los comportamientos sociales y el traslape de los problemas de bienestar (De Jong et al., 2016; Sandøe et al., 2019). Por otro lado, Mellor (2017) también propuso un método con un abordaje que agrupa diferentes indicadores en los que él denominó los 5 dominios del bienestar animal, y que amplía el concepto de las 5 libertades del bienestar animal (Manning et al., 2007).

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 es el caso de las aves. Los problemas de bienestar comprometen al individuo (ave) de forma independiente, por lo que la evaluación del bienestar en parvadas o en grupos grandes es compleja; depende de su tamaño, estructura social, disponibilidad, acceso a los recursos, genética y comportamiento social (Mench, 2018).

El principal propósito de la ciencia del bienestar es comparar los efectos de las diferentes prácticas de manejo basados en indicadores de bienestar (Sandøe et al., 2019). El bienestar de los pollos de engorde en los sistemas productivos se ha evaluado usando el porcentaje de la

mortalidad final, las aves de descarte, la densidad, las lesiones de pododermatitis, las quemaduras del corvejón y las cojeras (Manning et al., 2007) al final del ciclo productivo, en la planta de cosecha o durante el transporte de los animales (Butterworth, 2015).

En la granja es normal la evaluación de: el riesgo de lesiones, la condición corporal, la posibilidad de expresar sus comportamientos naturales y las actividades específicas de la especie (exploración, juego, interacciones sociales); además, se evalúan alteraciones del sistema inmune y enfermedades (SCAHAW, 2000). Otros indicadores utilizados son los que evalúan la complejidad del ambiente en que se encuentran los animales, esto incluye la densidad, la temperatura ambiental, la humedad relativa ambiental, la condición de la cama y el enriquecimiento ambiental (Bensassi et al., 2019).

Existen gran variedad de protocolos para evaluar el bienestar. Sin embargo, estos varían según la demanda de tiempo para su aplicación (Buijs et al., 2017), lo que favorece su uso en actividades de investigación y hace que se limite en prácticas de campo o a nivel comercial (Marchewka et al., 2013). La evaluación del bienestar de los pollos de engorde a nivel comercial ha sido difícil de estandarizar debido a la complejidad de los factores que afectan la diversidad de enfoques de los protocolos (Botreau et al., 2007) y que los animales, en muchos casos, se estresan durante las evaluaciones, alterando los resultados de las pruebas (De Jong et al., 2016).

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). De igual manera, los indicadores para evaluar el bienestar de granjas a nivel comercial deben ser simples, prácticos, eficientes y con intervenciones poco estresantes (Bensassi et al., (2019).

Para lograr esta simplificación y reducir la complejidad de la evaluación, es necesario conocer cuáles son las condiciones que afectan el bienestar de los pollos de engorde a nivel de granja. Por esto, la presente investigación tuvo como objetivo identificar los factores ambientales, de alojamiento, de salud y de comportamiento para conocer su relación con el bienestar de pollos de engorde en granjas comerciales en Costa Rica durante la primera semana de vida.

MATERIALES Y MÉTODOS

Animales

Se evaluaron 15 galeras de 15 granjas diferentes de pollos de engorde durante la primera semana de vida. Las granjas se ubicaron en la zona norte y central de Costa Rica, con temperaturas ambientales de 17 a 30 °C, 80% promedio de humedad relativa y precipitaciones entre 2612 y 3992 mm (IMN, 2022). 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 se albergaron hembras y machos de las líneas genéticas Cobb 500 y Ross 308 sobre cascarilla de arroz como material de cama. Todas las galeras utilizaron los mismos programas de iluminación, bebederos, comederos automáticos y sistemas de ventilación natural y de ambiente controlado. Las dimensiones de las galeras variaron entre 11 y 16 m de ancho y de 150 a 180 m de largo.

Procedimiento

Se evaluó una combinación de indicadores basados en el animal y en recursos, para considerar la mayor cantidad de condiciones que pueden afectar el bienestar de los pollos de engorde. Se identificaron en las siguientes categorías: productivos, de salud, de comportamiento, ambientales y de alojamiento, como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Indicadores estudiados en la granja durante la primera semana de vida de los pollos de engorde.

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	% Pollos pequeños	Cantidad de pollos por tetina	Beber
Consumo de alimento acumulado	Presencia de enfermedad	Concentración de amoníaco	% 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

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. Cada transecto o pasillo tuvo un ancho aproximado de 2,5 a 3,0 m y estuvo delimitado por las líneas del 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, evaluando 100 pollos por galera.

Indicadores de salud

Para evaluar el estado sanitario de los pollos, se determinó el porcentaje de cojeras de los pollos por galera en las caminatas por los transectos. Además, se calculó el porcentaje de inmovilidad (aves que no se movieron o se movieron muy poco); aves agonizantes; aves enfermas (plumas erizadas, cresta pálida o con signos respiratorios (edema facial, conjuntivitis, estornudos, disnea); pollos muertos y pequeños (menos de la mitad del tamaño promedio de los pollos); mortalidad natural; selección (aves descartadas) por galera. De forma general, el porcentaje fue calculado de la siguiente manera para cada indicador: $\text{Porcentaje} = (\text{cantidad de pollos detectados en cada indicador} / \text{Total de pollos totales por galera}) * 100$.

La evaluación de las lesiones de las aves se realizó de forma individual. Para esto se tomaron 100 aves del encierro colocado al inicio de cada galera y se calculó el porcentaje de pollos con las plumas sucias, con lesiones por pododermatitis, con lesiones en el corvejón con rasguños; de acuerdo con lo propuesto por el Welfare Quality® Project (2009).

Indicadores productivos

Los indicadores productivos determinados en este trabajo para cada galera fueron la conversión alimenticia acumulada (CA), el consumo de alimento acumulado (CdA), la ganancia de peso diario promedio (GPD) y el peso corporal promedio acumulado (PCA). Para alcanzar esta meta se utilizaron las siguientes fórmulas:

CA= Alimento total en gramos servido durante la primera semana de vida dividido entre el número de aves alojadas al día 7 de vida para estimar la cantidad de alimento consumida promedio por ave.

CdA= Consumo promedio de alimento de las aves acumulado al día 7 de vida dividido entre el peso corporal promedio de la primera semana de vida.

GPD= Peso corporal de la primera semana menos peso promedio de los pollitos al día de edad, dividido entre 7 (los días); para obtener la ganancia diaria promedio.

PCA= Peso del 2% de la población de pollos por galera mediante un muestreo aleatorio.

Las aves fueron capturadas por medio de trampas o corrales improvisados, ubicados en las cuatro esquinas y en el centro del espacio de la galera donde se alojaron los pollitos. Las aves se pesaron de forma individual utilizando una balanza electrónica marca Salter® Brecknell de 10 kg±0,01 kg. Con esta información, se calculó el promedio de peso acumulado de la primera semana de vida de las aves pesadas.

Indicadores de comportamiento

Para evaluar los patrones de comportamiento se realizaron etogramas en encierros con 100 pollos, por medio de observación directa por 10 minutos, con cuatro repeticiones por observación (Bozakova et al., 2007) entre los 7-8 días de edad. En forma presencial y mediante videos realizados con una cámara Cannon Power Shot (SX420 IS de 20 megapíxeles), se registró el comportamiento natural del grupo de pollos (Cuadro 2). 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.

Cuadro 2. 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.

Se realizó la prueba de contacto (TT) modificada, la cual consistió en aproximarse a un grupo de entre 3 a 5 pollos, colocarse de cuclillas, estirar el brazo e intentar tocarlos. Se registró la cantidad de pollos que se tocaron en 5 intentos (Graml et al., 2008). En el centro de 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 (Figura 1): 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 colocar el objeto (Graml et al., 2008). Se realizaron tres conteos en cada uno de los tres minutos evaluados.



Figura 1. Objetos novedosos utilizados durante la primera semana de vida.

Indicadores fisiológicos

Se midió la temperatura corporal cloacal de 50 pollos por galera y se utilizó un termómetro digital Marca Braun® 2,6 x 9 x 20,4 cm, con un rango de 0 a 45 °C. Se tomó fotos termográficas al total del cuerpo de los pollos, utilizando una cámara termográfica marca Testo, modelo 868. Las fotos se tomaron a 50 cm de distancia de las aves y se analizaron en el software de Testo para obtener la temperatura superficial de cada ave.

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 ft³/min se midieron al momento de la visita, a la altura de los pollos, con un medidor de condiciones ambientales marca Sper Scientific, modelo 850070. La sensación térmica se calculó de acuerdo con lo recomendado por Tao y Xin (2003) y la concentración de amoníaco se midió en ppm a la altura de los pollos con un sensor Smart Sensor de Intel Instruments, modelo AR8500.

La temperatura interna promedio de la galera (techo, cama, paredes y espacio de recibo) se evaluó por medio de fotos termográficas con una cámara Testo, modelo 868. Se le tomaron fotografías a la cama, al techo (Figura 2), a las paredes y a la entrada del espacio donde se alojaron los pollitos.

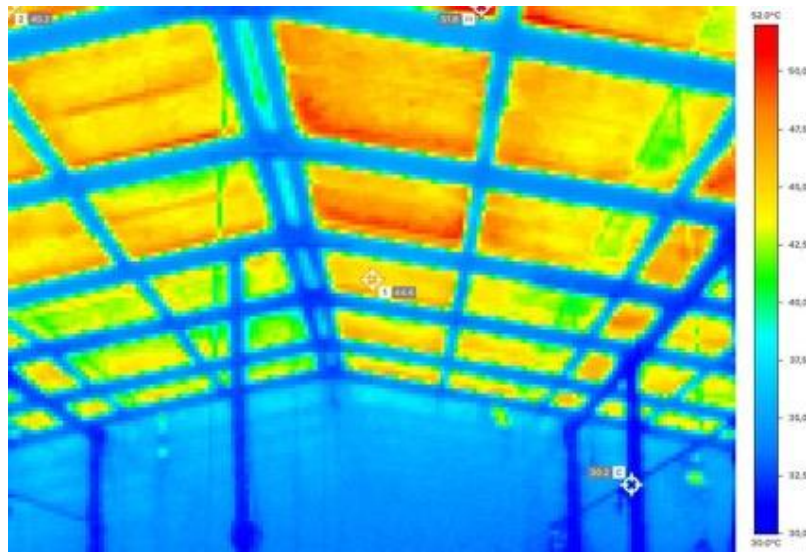


Figura 2. Termografía del techo de una granja.

La cantidad de polvo en la galera se estimó según la metodología propuesta por el 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.

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, modelo Leica Disto D2. La cantidad de aves alojadas en la galera se dividió entre el número de comederos y tetinas por galera, con el fin de determinar la cantidad de pollos por comedero y bebedero. Para calcular la densidad, se midió el espacio donde se encontraban los pollitos (largo y ancho), y se restó el espacio de ocupación de los bebederos y comederos. Además, se estimó el espacio libre de piso que quedó para las aves en m^2 , y también se cuantificó la cantidad de aves presentes en ese momento y su peso para calcular la densidad de pollos en

kilos por m² (Welfare Quality Project, 2009).

La calidad de la cama se evaluó según lo propuesto por el 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 cuatro criterios: 0: Completamente seca, suelta y 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.

También se estimó 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 mililitros de agua por minuto por tetina y se midió la temperatura del agua con el termómetro láser. Asimismo, se calculó la cantidad de pollos por criadora o calentadora de gas.

Análisis de datos

Se realizó estadística descriptiva para las variables cuantitativas evaluadas en cada granja. Se realizaron análisis de componentes principales (CP) con la intención de reducir la dimensión de las variables evaluadas y conocer las relaciones entre los CP y las variables de bienestar (respuesta): peso corporal, ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, temperatura corporal, porcentaje de pododermatitis, porcentaje de cojeras, comportamiento natural, porcentaje de mortalidad, porcentaje de rasguños y el porcentaje de selección.

Para el análisis de componentes principales, 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). 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 los análisis preliminares se realizaron con las pruebas de Medida "Kaiser-Meyer-Olkin" de adecuación de muestreo y pruebas de esfericidad de Barnett, para determinar la existencia de correlaciones no nulas. Se realizó la extracción de los componentes y se aplicaron las pruebas de razón de "verosimilitud", y la prueba de rotación de factores o prueba de "Varimax" con "normalización de Kaiser" cuando se extrajeron dos o más CP.

Para conocer la contribución única de cada variable dentro del componente, se usó 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 (step wise) con los componentes principales como variables regresoras. Asimismo, se seleccionaron las variables o indicadores que explicaron en mayor forma la variabilidad dentro de cada componente; esto para conocer su relación individual con las variables de respuesta. El modelo utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijm} = \mu + CP_i + V_j + e_j$$

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, la conversión alimenticia, la temperatura corporal, el porcentaje de pododermatitis, el porcentaje de cojeras, el porcentaje de rasguños, el 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 (baño de arena, comer).

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

Para evaluar el efecto de las variables categóricas sobre las variables de respuesta cuantitativas se realizaron pruebas de "t". Para determinar la homogeneidad de las varianzas y seleccionar la prueba de "t" apropiada se usó la prueba de "Levene". En el caso de varianzas no homogéneas, se usó la "prueba de Welch" para comparar los promedios. El modelo utilizado fue:

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

Donde:

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

μ = Media general.

D_i = 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).

E_{ijm} : Término de error aleatorio asociado a Y_{ijm} .

Para el análisis, se utilizó el software SPSS IBM Statistics versión 23 (Arbuckle, 2014).

RESULTADOS Y DISCUSION

Análisis descriptivo

En las 15 granjas evaluadas, los rendimientos productivos promedio de peso corporal, consumo de alimento, conversión alimenticia y ganancia de peso se observaron dentro de los rangos recomendados por las líneas genéticas Cobb y Ross (Cobb Vantress, 2015, Aviagen, 2018); como se muestra en el Cuadro 3.

El porcentaje de mortalidad (1,95%) y el porcentaje de selección promedio (0,76%) observados sobrepasaron los límites esperados, así como el porcentaje de pollos pequeños (1,13%) y de pollos sucios (38,57%) (Aviagen, 2018). El manual de manejo de pollo de engorde de Cobb Vantress (2015), indica que el porcentaje de mortalidad más el porcentaje de selección no deben exceder el 1% a los 7 días de edad. Los porcentajes de selección, mortalidad y pollos pequeños observados sugieren posibles efectos combinados de las condiciones de incubación y ambientales de la granja (Van de Ven et al., 2009; Cobb Vantress, 2015). Las condiciones de manejo al inicio del proceso de crianza y las de incubación (almacenamiento y calidad del huevo; presencia de bacterias; temperatura y humedad del proceso; manipulación; transporte; duración de la ventana de nacimiento) son factores críticos en el desarrollo, y pueden afectar el bienestar de los pollos de engorde (Giersberg et al., 2021).

La concentración de amoníaco promedio (5,12 ppm), la temperatura del agua (27,94 °C) y el porcentaje de lesiones por pododermatitis (44,93%) superaron los valores esperados (Aviagen, 2018). 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 en el espacio de recibo de los pollitos (Dunlop et al., 2016), puede provocar aumento en la presentación de pollos sucios, en las concentraciones de amoníaco y en las lesiones por pododermatitis; como las observadas en las granjas evaluadas (De Jong et al., 2017).

Cuadro 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	**DE	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	41,6	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 de recibo (°C)	30,42	3,32	34,30	24,10
Termografía de la cama (°C)	28,96	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 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/m ²	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	884	3142
Pollos por cuidador	26906	4699	36280	15030

**DE: Desviación Estándar.

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

El etograma (Cuadro 4) 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. Lourenço da Silva et al. (2021) reportan que el principal comportamiento de los pollos de engorde sin enriquecimiento ambiental es el de permanecer echados.

Cuadro 4. Resumen de la estadística descriptiva de los indicadores de comportamiento natural (etograma) de la primera semana de vida de los pollos de engorde.

Indicador (%)	Promedio	*D.E	Moda	Máximo	Mínimo
Comer	10,48	4,44	8,33	23,81	3,64
Beber	6,02	2,45	8,06	13,14	2,08
Jugar	0,08	0,22	0,00	1,19	0,00
Batir alas	1,06	1,01	0,00	4,19	0,00
Acicalarse	2,91	2,47	2,32	13,09	0,00
Baño de arena	0,61	0,87	0,00	4,03	0,00
Forrajear	0,55	0,56	0,00	2,38	0,00
Echase	83,52	6,13	88,80	97,42	69,00
Picaje	0,03	0,11	0,00	0,69	0,00
Jadeo	1,43	2,12	0,00	8,65	0,00

*D.E: Desviación estándar.

Meluzzi y Sirri (2016) mencionan que los pollos de engorde se muestran más activos durante las dos primeras semanas de vida y que conforme crecen, disminuyen su actividad. 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 pododermatitis, como se observó en este estudio.

Análisis de correlación

Debido a que muchos aspectos del bienestar son multifactoriales, es posible demostrar correlaciones entre ellos; sin embargo, es difícil en muchos casos establecer su causa y efecto

(Manning et al., 2007). La interpretación de las asociaciones debe ser considerada con cautela, debido a que el bienestar animal es el resultado de una compleja serie 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. Por esta razón se discuten las correlaciones que mostraron fuerte asociación ($r^2 > 0.6$) o intermedia ($r^2 = 0.4-0.6$) y significancia del 1%. Tamaños de muestra mayores deben ser considerados en el futuro, de manera que se puedan identificar relaciones no lineales entre las variables estudiadas.

La fuerte correlación observada ($r^2 > 0.6$) (Figura 3) entre los porcentajes de mortalidad acumulada semanalmente y de selección, con los porcentajes de lesiones en piel, patas y de pollos enfermos (porcentaje de pollos inmóviles, pequeños, agonizantes, cojeras, sucios, con lesiones de pododermatitis y corvejón) apoya su uso como indicadores de bienestar (salud); de acuerdo con lo recomendado por Manning et al. (2007) y Manteca (2016). Estos hallazgos son contrarios a lo observado por Abeyesinghe et al. (2021), quienes no encontraron correlación entre la mortalidad y las lesiones en piel y patas, en pollos de crecimiento lento y bajo condiciones controladas.

Los porcentajes de mortalidad y de selección, mostraron correlaciones intermedias ($r^2 = 0.4-0.6$) negativas de los recursos (cantidad de criadoras, comederos, flujo de agua, cuidadores y bebederos) con los rendimientos productivos y la temperatura ambiental. A mayor cantidad de recursos, mejores rendimientos productivos, y a una adecuada temperatura ambiental, menor mortalidad y selección de aves. 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 por Bizeray et al. (2002), Yassin et al. (2009), Purswell et al. (2012), Cobb Vantress, (2015), Aviagen (2018) y Ávila González et al. (2018); quienes describen la relación entre la calefacción, el acceso al agua y al alimento, y la relación con los cuidadores como factores que afectan los rendimientos productivos y la mortalidad en pollos de engorde.

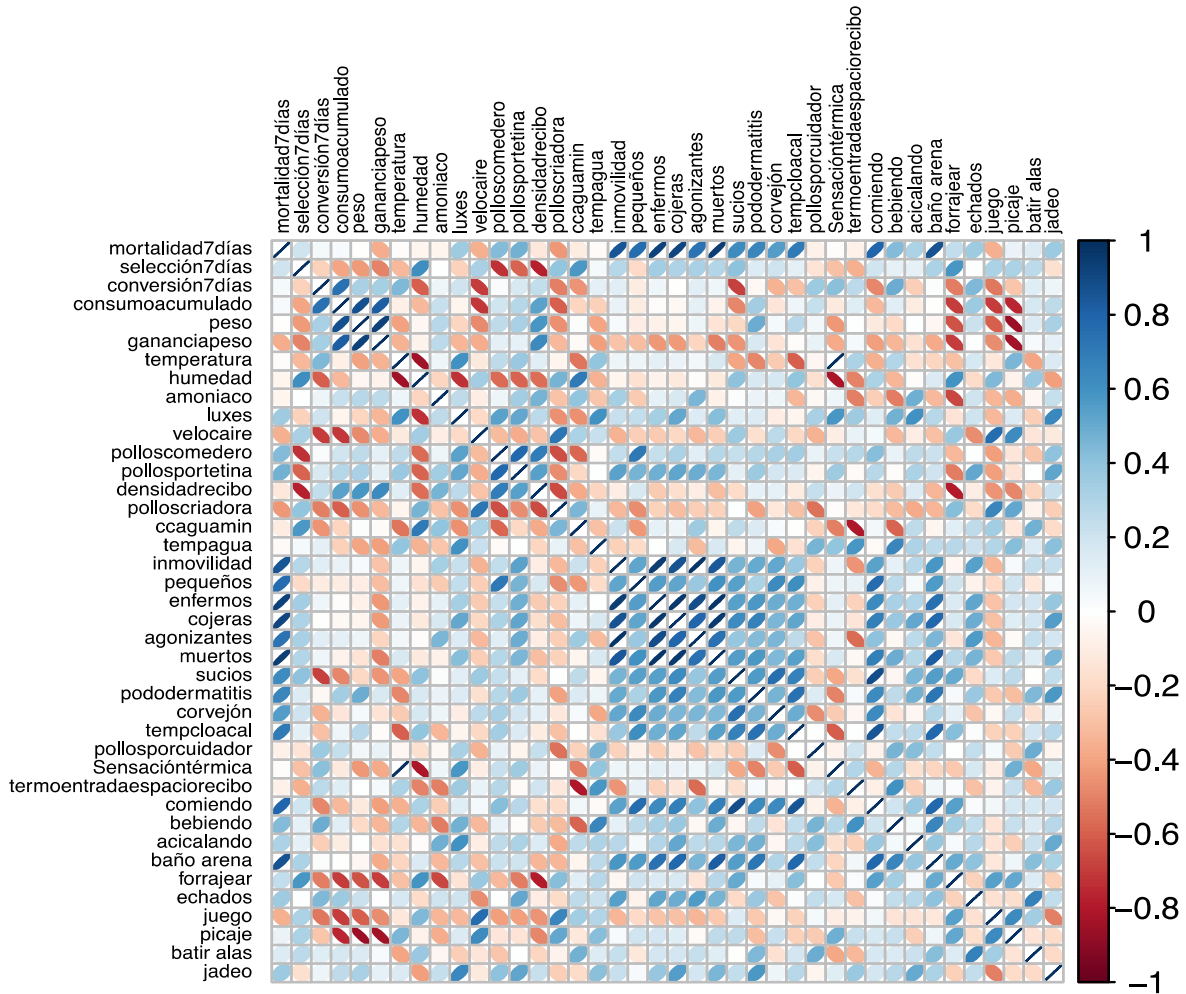


Figura 3. Coeficientes de correlación de los indicadores evaluados durante la primera semana de vida en granjas de pollos de engorde a nivel comercial.

Las condiciones ambientales también mostraron fuerte asociación ($r^2 > 0.6$) con los rendimientos productivos. Durante la primera semana de vida, los esfuerzos de manejo se enfocan en conseguir la calefacción de los pollitos y el intercambio de aire (Cobb Vantress, 2015). Esta asociación encontrada apoya la importancia del control ambiental (Cobb Vantress, 2015; Aviagen, 2018; Oloyo y Ojerinde, 2019) y de la evaluación continua del ambiente (Jones et al., 2005; Manning et al., 2007; Tahamtani et al., 2020), para un buen desempeño de los pollos y del uso de los rendimientos productivos como indicadores de bienestar (Manteca, 2016).

La temperatura corporal mostró fuerte asociación con los porcentajes de mortalidad, selección, lesiones en piel y patas, densidad de aves y temperatura ambiental. La temperatura corporal constituye un indicador fisiológico clave en el manejo del sistema y se recomienda como un indicador de bienestar animal; por su relación con 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, utilizada en este trabajo, podría contribuir en la evaluación futura de este indicador fisiológico (Sellier et al., 2014).

En este estudio, la densidad se correlacionó con la humedad relativa ambiental, con el porcentaje de selección, con los rendimientos productivos, con las lesiones en piel y patas, y mostró asociación intermedia con la concentración de amoníaco. Bailie et al. (2018) observaron aumento en la presentación de pododermatitis y otros problemas locomotores en pollos criados en altas densidades (36 kg/m²); este factor también se ha asociado a la disminución del desempeño productivo, causado por altas temperaturas corporales, humedades relativas, reducido flujo de aire (Karaarslan y Nazlıgöl, 2018) y humedad de la cama (Dunlop et al., 2016).

Las temperaturas del agua de bebida, la cantidad de pollos por tetina y por comedero, se correlacionaron con los rendimientos productivos como se esperaba (Cobb Vantress, 2015; Aviagen, 2018). 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 (Ávila González et al. 2018; Bessei, 2006).

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 usados en pollos de engorde, sobre la presentación de pododermatitis en animales de crecimiento rápido. Disminución en los rendimientos productivos y la salud del ave fueron descritos por

Granquist et al. (2019) por efecto de las cojeras asociadas a 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 lesiones en piel y patas; lo que sugiere que la presentación de estos comportamientos estaría asociada con el desempeño de los pollos, tal como lo observaron Costa et al. (2012). Estos comportamientos también 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 (densidad), sustratos y recursos (comederos, bebederos, calefacción) (Appleby et al., 2004). Además, todos estos factores afectan los rendimientos productivos de los pollos en diferente magnitud (Aviagen, 2018).

Análisis de componentes principales

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, especialmente bajo condiciones de campo, por lo que un enfoque de efectos individuales podría conducir a error (Boutreu et al., 2007; 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 para 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 indicadores basados tanto en recursos como en el animal, en un momento crítico de la crianza de los pollos (primera semana), y se

realizaron evaluaciones tanto a nivel individual como grupal. La evaluación del dolor, la cual no es usualmente considerada en los protocolos, se incluyó de manera indirecta utilizando indicadores como porcentaje de pollos inmóviles, agonizantes y enfermos (Gentle, 2011; De Jong et al., 2016). Este abordaje redujo la complejidad de todas las variables evaluadas a 7 nuevas variables o componentes principales (CP): productivo, enfermedad, integridad de piel y patas, ambiental, comportamiento, densidad y recursos.

Del grupo de variables relacionadas con la salud se extrajeron dos componentes: El primero se denominó enfermedad, explicó el 49,89% de la varianza observada y agrupó las variables de porcentaje de pollos muertos encontrados, enfermos, agonizantes, inmóviles, con cojeras y el porcentaje de mortalidad acumulada. Las variables que integran este componente permitieron agregar aspectos de enfermedad y mortalidad al indicador. Los porcentajes de mortalidad y de selección son utilizados como indicadores de enfermedad confiables; sin embargo, utilizar la mortalidad como único indicador no permite asociar causas de dolor, de morbilidad o de enfermedad (Manning et al., 2007).

El segundo componente que se extrajo fue el de integridad de piel y patas, explicó el 32,58% de la varianza observada e incluyó lesiones del corvejón, pododermatitis, pollos sucios, selección y temperatura cloacal. Los problemas locomotores han sido clasificados como uno de los principales problemas de salud de los pollos de engorde (Granquist et al., 2019) e incluyen problemas esqueléticos (patas), lesiones en la piel (como pododermatitis) y en el corvejón.

Del grupo de variables de alojamiento también se extrajeron dos componentes: densidad y recursos, con buena interpretación biológica. El componente recursos incluyó las variables: pollos por criadora, pollos por cuidador y caudal de agua; explicó el 20,62% de la varianza observada. 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 componente densidad incluyó las variables: pollos por comedero, densidad y pollos por tetina; explicó el 55% de la varianza observada. Estas variables se asociaron a un concepto de cantidad de pollos 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.

Del grupo de variables productivas se extrajo un componente que se denominó productivo, que explicó el 73,10% de la varianza 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. La conversión alimenticia durante la primera semana pudo ser sobre estimada debido a que, durante este período, los pollitos requieren un tiempo de adaptación al nuevo ambiente y a los recursos que se les proporcionan como el alimento (Cobb Vantress, 2015); es frecuente que no consuman todo el alimento que se les suministra (Henriksen et al., 2016). El alimento que no consumen es difícil de estimar y generalmente se considera dentro del cálculo del consumo de la primera semana, lo que puede afectar el cálculo de la conversión alimenticia.

El análisis de componentes principales del grupo de variables ambientales permitió extraer un componente denominado “ambiental”, que explicó el 62,94% de la varianza total observada. 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. La temperatura ambiental, la sensación térmica y la temperatura de la cama también han sido reportadas por Yassin et al., (2009), Cobb Vantress (2015) y Yerpes et al. (2020), como factores que afectan el bienestar de los pollitos durante la

primera semana, causando mortalidad. De Jong et al. (2017) también mencionan que la temperatura ambiental es crítica 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 (Bell y Weaver, 2002), causando retraso en el crecimiento (De Jong et al., 2017).

Del grupo de variables se extrajo un componente que se llamó comportamiento y explicó el 55% de la varianza total observada. 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. La mayor parte de los comportamientos del componente se considera que los pollos los expresan bajo condiciones de comodidad, y han sido descritos como conductas de motivación (Costa et al., 2012).

Las variables con mayor contribución en cada componente principal fueron: peso corporal, con 0,42 puntos (componente productivo); pollos por criadora, con 0,32 puntos (componente recursos); temperatura ambiental, con 0,95 puntos (componente ambiental); pollos por comedero, con 0,91 puntos (componente densidad); porcentaje de enfermos, con 0,97 puntos (componente enfermedad); lesiones en corvejón, con 0,92 puntos (componente integridad de piel y patas); y baño de arena, con 0,84 puntos (componente comportamiento). En el caso de la salud, 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 que afecta a los pollitos durante los primeros días de vida (Yerpes et al., 2020), y se ha asociado con condiciones de incubación y de manejo del huevo fértil (Cobb Vantress, 2015). El descarte de pollos pequeños que muestran un retraso en el crecimiento, debido a la competencia por los recursos y enfermedad, también es reportada como una de las principales causas de muerte en pollos de engorde en la primera semana de vida (Federici et al., 2016).

La calefacción y el acceso a la comida son factores de manejo primordiales en esta etapa, 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 acceso a la comida y la competencia por los recursos también son mencionados por Bessei (2006) y Meluzzi y Sirri (2016) como factores

primordiales en la producción de pollos de engorde; se utilizan para la evaluación del bienestar en varios protocolos (Welfare Quality Project, 2009; NCC, 2020). 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 suficiente. 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.

Las variables de los dos componentes extraídos del grupo de salud fueron la enfermedad y la integridad de piel y patas; y estas mostraron fuerte asociación entre sí y con el componente al que pertenecen. Este análisis, permitió realizar una clasificación de las granjas de acuerdo con las variables asociadas a estos componentes principales (Figura 4). 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. Las lesiones de piel y patas se han asociado con la calidad de la cama como causa principal (Federici et al., 2016); los factores que afectan la calidad de la cama son múltiples (Martland, 2008; Dunlop et al., 2016) y, aunque se presentan con mayor frecuencia en pollos con edades cercanas al sacrificio (Zamora Sanabria et al., 2021), durante la primera semana de edad, la cama húmeda se ha relacionado con condensación de la humedad del aire en granjas con poco control ambiental (Dunlop et al., 2016).

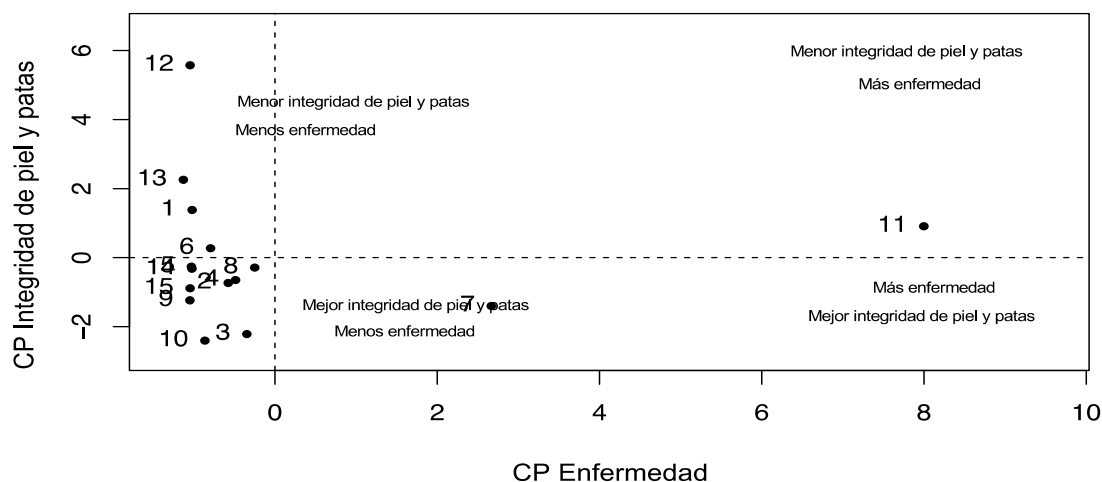


Figura 4. Ubicación de las 15 granjas evaluadas durante la primera semana de vida de acuerdo con los componentes principales de salud.

Los resultados obtenidos en este trabajo permiten recomendar el uso de este análisis de la información como herramienta práctica para la calificación de las granjas, cuando se logre la extracción de dos componentes principales por grupo de variables.

Efecto de los componentes principales sobre el bienestar de los pollos

El componente de comportamiento explicó el 45,7% de la varianza observada en la temperatura cloacal y 39,1% en el porcentaje de cojeras (Cuadro 5). Cuando se evaluó el comportamiento de comer en forma individual, este explicó el 28% de la variación observada en la temperatura corporal (Cuadro 6). El comportamiento es una medida de la respuesta del animal a un ambiente específico, a un cambio, a un estímulo o a un estresor fisiológico (como la temperatura corporal) o externo (como la temperatura ambiental) 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, tal cual se observó en este trabajo.

Cuadro 5. 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 ajustado	Intercepto	Estimador (β)	*EE	Ecuación	valor de p
Integridad piel y patas	Comportamiento	0.585	0,48	1,560	0,573	y=0,48+1,56x	0.006
Productivo	Consumo alimento	0.857	166,70	19,356	8,534	y=166,7+19,35x	0.000
Comportamiento	Temperatura cloacal	0.457	41,025	0,234	0,213	y=41,02+0,234x	0.019
Comportamiento	Cojeras	0.391	0,066	0,085	0,088	y=0,066+0,085x	0.032

*EE= Error estándar

Cuadro 6. 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 Ajustado	Intercepto	Estimador (β)	*EE	Ecuación	valor de p
Mortalidad	Enfermedad	Comportamiento	0.358	-0,598	0,293	0,8014	y= -0,598 +0,29x	0.014
Ganancia peso	Productivo	Peso corporal	0.526	92,94	4,396	11,030	y= 92,94 + 4,40x	0.001
Peso corporal	Productivo	Consumo alimento	0.292	23,52	0,830	19,40	y= 23,52 + 0,83x	0.018
Baño de arena	Comportamiento	(%) Mortalidad	0.681	0,47	2,560	1,23	y= 0,47 + 2,56x	0.000
Comer	Comportamiento	Temperatura corporal	0.284	40,52	0,051	0,30	y= 40,52 + 0,05x	0.029

*EE= Error estándar

El componente de integridad de piel y patas explicó la varianza observada en el 58,5% del comportamiento. Weeks et al. (2000) encontraron que las cojeras causadas por lesiones en la piel, como la pododermatitis, modificaron el comportamiento de caminar, comer y beber en pollos de engorde de crecimiento rápido. Lo cual concuerda con lo observado por Bokkers y Koene (2004), quienes reportan que la motivación para caminar disminuye en pollos enfermos.

Los modelos de regresión múltiple (Cuadro 7) en los que se incluyó el componente productivo y los componentes de salud, explicaron mejor la varianza observada en la ganancia de peso (8% más), peso corporal (2% más) y porcentaje de pododermatitis (19% más).

Cuadro 7. 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 Componente principal	Variable de bienestar (respuesta)	β estandarizado	R^2 ajustado	Intercepto	Estimador (β)	Ecuación	Valor de p
Productivo- Enfermedad	Ganancia de peso	0,920 -0,270	0.902 0.980	19,677	2,061 -0,553	19,7+2,06x-0,553x	0.000 0.001
Productivo- Integridad piel y patas	Peso corporal	0,997 0,151	0.953 0.975	184,32	15,668 5,705	184,3+15,69x+5,70x	0.000 0.000
Comporta Miento- Densidad	Mortalidad acumulada	0,781 0,466	0.475 0.676	2,118	2,245 1,192	2,12+1,192x+1,456x	0.016 0.008
Densidad- Enfermedad	Porcentaje de selección	-0,949 0,619	0.490 0.855	0,621	-0,315 0,172	0,621-0,315x+0,237x	0.014 0.003
Integridad piel y patas- Productivo	Pododermatitis	0,829 0,463	0.547 0.753	40,128	25,236 5,849	40,13+25,24x+5,85	0.002 0.027
Concentración de amoníaco- Humedad relativa ambiental	Prueba objeto novedoso	0,601 -0,411	0.292 0.637	28,62	0,601 -0,411	28,62+ 0,60x-0,41x	0.040 0.010

La asociación observada entre el peso corporal, la ganancia de peso y el incremento en la presentación de lesiones como pododermatitis, también fue reportada por Kristensen et al. (2006); quienes observaron mayor porcentaje de este tipo de lesiones y en el corvejón, en pollos de más de 2,4 kg de peso y sometidos a varios programas de luz.

Los componentes de comportamiento y densidad explicaron el 68% de la varianza en el porcentaje de mortalidad acumulada. El comportamiento de baño de arena individualmente explicó el 68% de la varianza en el porcentaje la mortalidad acumulada, mientras que el porcentaje de mortalidad explicó el 36% en el componente de comportamiento cuando se evaluó de forma individual. Las conductas con importante participación en el componente comportamiento, como el baño de arena o el acicalamiento, se pueden llegar a convertir en estereotipias o comportamientos repetitivos anormales en respuesta a un bloqueo en el funcionamiento normal (estrés) o debido 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 podría explicar su contribución en el porcentaje de mortalidad acumulada.

Los componentes de enfermedad y de densidad, explicaron el 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 del 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 la concentración de amoníaco y humedad relativa ambiental explicó el 64% de la variación observada en la prueba de objeto novedoso. Esta prueba es utilizada para evaluar el miedo y el comportamiento de exploración en las aves (Meuser et al., 2021). Los resultados obtenidos son similares a los observados por de Haas et al. (2014), quienes reportaron que las condiciones ambientales y de la cama afectaron el comportamiento de miedo en aves reproductores livianas. Meuser et al. (2021) mencionan que la expresión de miedo se puede considerar una característica de adaptación a las condiciones ambientales

de alojamiento, como las observadas en este estudio, tanto en humanos como en animales (Asher et al., 2009). Se recomienda la realización de más pruebas que evalúen las condiciones que afectan el comportamiento de miedo y de motivación en pollos de engorde, debido a que la motivación y el miedo también se han asociado con la genética y la edad de las aves (Giersberg et al., 2021; Meuser et al., 2021).

En este estudio la calidad de la cama mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) en el bienestar de los pollos (Cuadro 8), 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).

Cuadro 8. Pruebas de T para las variables de calidad de la cama y de enfermedad durante la primera semana de vida de los pollos

Bienestar animal Variable de respuesta	Calidad de la cama		Valor de p
	Promedio \pm *D.E		
	Seca	Húmeda	
Peso corporal	182,38 \pm 19,07	175,50 \pm 13,09	0.415
Consumo acumulado	170,56 \pm 29,10	173,37 \pm 17,22	0.817
Conversión alimenticia	0,93 \pm 0,09	0,99 \pm 0,13	0.311
Ganancia de peso	19,95 \pm 2,40	19,30 \pm 3,21	0.653
Porcentaje de mortalidad	1,17 \pm 0,94	2,73 \pm 2,65	0.138
Porcentaje de selección	0,59 \pm 0,35	0,93 \pm 0,62	0.196
Temperatura cloacal	40,92 \pm 0,29 a	41,25 \pm 0,36 b	0.069
Porcentaje de cojeras	0,005 \pm 0,01 a	0,011 \pm 0,14 b	0.079
Porcentaje de pododermatitis	24,50 \pm 13,15 a	68,29 \pm 26,94 b	0.004
PC comportamiento	-0,2894 \pm 0,62	0,6218 \pm 1,32	0.286
Prueba objeto novedoso	4,53 \pm 4,28	6,61 \pm 8,32	0.553
Prueba de contacto	12,67 \pm 2,75	9,80 \pm 6,10	0.257

*D.E=Desviación estándar Significancia= $p < 0.05$

No se observaron diferencias significativas en las variables de bienestar con la presencia o ausencia de polvo en las galeras o con la presencia o ausencia de enfermedad.

CONSIDERACIONES FINALES

El abordaje de componentes principales permitió la simplificación de los factores asociados al bienestar de los pollos y permitió identificar los efectos más importantes durante la primera semana de vida: las condiciones de calefacción, la calidad de la cama, la presencia de enfermedad, la disponibilidad de recursos (bebedero y comedero) y los comportamientos de motivación como los baños de arena. Este tipo de análisis también permitió realizar una clasificación de las granjas de acuerdo con su grado de asociación con las variables de salud.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Ing. André Cedeño, a la empresa y a los granjeros que amablemente participaron en la investigación. Este trabajo fue financiado parcialmente por la US Poultry and Egg Association y la Asociación Latinoamericana de Avicultura (ALA).

LITERATURA CITADA

- Abeyesinghe, S.M., N. M. Chancellor, D. Hernández-Moore, Y.M. Chang, J. Pearce, T. Demmers y C.J. Nicol. 2021. Associations between behaviour and health outcomes in conventional and slow-growing breeds of broiler chicken. *Animal*, 15 (7): 100261. <https://doi.org/10.1016/J.ANIMAL.2021.100261>.
- Appleby, M., J. Mench y B. Hughes. 2004. Poultry behaviour and welfare. En: M. Appleby et al., CABI publishing. Poultry behaviour and welfare. Cambridge USA. p 259-247 <https://doi.org/10.1079/9780851996677.0000>.
- Arbuckle, J. L. 2014. Amos (version 23.0) [computer program]. Chicago: IBM SpSS.
- Asher, L., L. M. Collins, A. Ortiz, J.A. Drewe, C.J. Nicol y D.U. Pfeiffer. 2009. Recent advances in the analysis of behavioural organization and interpretation as indicators of animal welfare. *Journal of The Royal Society Interface*, 6 (41): 1103–1119. <https://doi.org/10.1098/RSIF.2009.0221>.

- Aviagen. 2017. Environmental management in the broiler house. <https://eu.aviagen.com/assets/Uploads/Environmental-Management-Broiler.pdf>. (consultado el 14 de agosto del 2021).
- Aviagen. 2018. Ross Broiler Management Handbook. www.aviagen.com (consultado el 15 de febrero del 2022).
- Ávila González, E., J.R. Carmona Medero, M. Castañeda Serrano, A. Cortés Cuevas, B. Fuente Martínez, G. García Espinosa, O. Urquiza Bravo. 2018. Manejo ambiental de las casetas avícolas. En: Xóchitl Hernández Velasco editora, Introducción a la zootecnia del pollo y la gallina, primera edición. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México. México. p 191-216.
- Bailie, C.L., C. Ijichi y N.E. O'Connell. 2018. Effects of stocking density and string provision on welfare-related measures in commercial broiler chickens in windowed houses. *Poultry Science*, 97 (5): 1503-1510. <https://doi.org/10.3382/PS/PEY026>.
- Bell, D.D. y W.J. Weaver. 2002. Broiler Industry. En: D. Bell et al., editors. Commercial Chicken Meat and Egg Production. 5th Springer. New York. USA, p 801-829.
- Bensassi, N., X. Averós y I. Estevez. 2019. Broiler chickens on-farm welfare assessment: estimating the robustness of the transect sampling method. *Frontiers in Veterinary Science*, 6: 236. <https://doi.org/10.3389/FVETS.2019.00236>.
- Bessei, W. 2006. Welfare of broilers: a review. *World's Poultry Science Journal*, 62 (03): 455. <https://doi.org/10.1017/S0043933906001085>.
- Bizeray, D., I. Estevez, C. Leterrier y J.M. Faure. 2002. Influence of increased environmental complexity on leg condition, performance, and level of fearfulness in broilers. *Poultry Science*, 81 (6): 767-773. <https://doi.org/10.1093/PS/81.6.767>.
- Bokkers, E.A.M. y P. Koene. 2004. Motivation and ability to walk for a food reward in fast- and slow-growing broilers to 12 weeks of age. *Behavioural Processes*, 67 (2): 121-130. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2004.03.015>.
- Botreau, R., M.B.M. Bracke, P. Perny, A. Butterworth, J. Capdeville, C.G. van Reenen y I. Veissier. 2007. Aggregation of measures to produce an overall assessment of animal welfare. Part 2: analysis of constraints. *Animal*, 1 (8): 1188-1197. <https://doi.org/10.1017/S1751731107000547>.

- Bozakova, N., K. Stoyanchev, D. Girginov y T. Stoyanchev. 2007. Ethological study of broiler chickens after induction and treatment of muscular dystrophy. *Trakia Journal of Sciences*, 5 (4): 19-23. <http://www.uni-sz.bg>.
- Bracke, M.B.M. y H. Hopster. 2006. Assessing the importance of natural behavior for animal welfare. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 19 (1): 77-89. <https://doi.org/10.1007/S10806-005-4493-7>.
- Buijs, S., B. Ampe y F.A.M. Tuytens. 2017. Sensitivity of the Welfare Quality® broiler chicken protocol to differences between intensively reared indoor flocks: which factors explain overall classification? *Animal*, 11 (2): 244-253. <https://doi.org/10.1017/S1751731116001476>.
- Butterworth, A. 2015. A lameness control strategy for broiler chicken (*Gallus gallus domesticus*). *Albáitar*, 186: 22–23.
- Cobb Vantress. 2015. Optimum broiler development A practical guide to ensure correct early broiler performance. <https://www.cobb-vantress.com/assets/Cobb-Files/management-guides/95e52e5b32/optimum-broiler-development.pdf>. (consultado el 14 de febrero del 2022)
- Costa, L., D. Pereira, L. Bueno y H. Pandorfi. 2012. Some aspects of chicken behavior and welfare. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 14 (3): 159–164. <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2012000300001>.
- Dawkins, M S. y R. Layton. 2012. Breeding for better welfare: genetic goals for broiler chickens and their parents. <http://www.fairfarms.co.uk> (consultado el 15 de enero del 2022).
- Dawkins, M.S. 2003. Behaviour as a tool in the assessment of animal welfare. *Zoology*, 106 (4): 383-387. <https://doi.org/10.1078/0944-2006-00122>.
- De Haas, E. N., J. E. Bolhuis, B. Kemp, T.G.G. Groothuis y T.B. Rodenburg. 2014. Parents and early life environment affect behavioral development of laying hen chickens. *PLoS ONE*, 9 (3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0090577>.
- De Jong, I.C. y H. Gunnink, 2019. Effects of a commercial broiler enrichment programme with or without natural light on behaviour and other welfare indicators. *Animal*, 13 (2). <https://doi.org/10.1017/S1751731118001805>.

- De Jong, I.C., V. A. Hindle, A. Butterworth, B. Engel, P. Ferrari, H. Gunnink, C.G. van Reenen. 2016. Simplifying the Welfare Quality® assessment protocol for broiler chicken welfare. *Animal*, 10 (1): 117-127. <https://doi.org/10.1017/S1751731115001706>.
- De Jong, I., J. van Riel, M.B.M. Bracke y H. Brand. 2017. A meta-analysis of effects of post-hatch food and water deprivation on development, performance, and welfare of chickens. *PLoS ONE*, 12 (12). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0189350>.
- Dunlop, M. W., A.F. Moss P.J. Groves, S.J. Wilkinson, R.M. Stuetz y P.H. Selle. 2016. The multidimensional causal factors of “wet litter” in chicken-meat production. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.03.147>.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación). 2019. Food outlook biannual report on global food markets. Roma. Italia. <http://www.fao.org/3/ca6911en/CA6911EN.pdf>.
- Federici, J., R. Vanderhasselt, E. Sans, F. Tuytens, A. Souza y C. Molento. 2016. Assessment of broiler chicken welfare in southern Brazil. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 18 (1): 133-140. <https://doi.org/10.1590/18069061-2015-0022>.
- Fraser, D. 1995. Science, values and animal welfare: exploring the ‘inextricable connection.’ *Animal Welfare Collection*. https://www.wellbeingintlstudiesrepository.org/acwp_awap/39.
- Gentle, M.J. 2011. Pain issues in poultry. *Applied Animal Behaviour Science*, 135: 252-258. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2011.10.023>.
- Giersberg, M.F., R. Molenaar, I.C. de Jong, C. Souza da Silva, H. van den Brand, B. Kemp y T.B. Rodenburg. 2021. Effects of hatching system on the welfare of broiler chickens in early and later life. *Poultry Science*, 100 (3): 100946. <https://doi.org/10.1016/J.PSJ.2020.12.043>.
- Gottardo, F., B. Contiero y M. Brscic. 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. *EFSA Supporting Publications*, 12 (11). <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2015.en-902>.
- Graml, C., K. Niebuhr y S. Waiblinger. 2008. Reaction of laying hens to humans in the home or a novel environment. *Applied Animal Behaviour Science*, 113 (1-3): 98–109. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2007.10.004>.

- Granquist, E.G., G. Vasdal, I.C. de Jong y R.O. Moe. 2019. Lameness and its relationship with health and production measures in broiler chickens. *Animal*, 13 (10): 2365. <https://doi.org/10.1017/S1751731119000466>.
- Henriksen, S., T. Bilde y A.B. Riber. 2016. Effects of post-hatch brooding temperature on broiler behavior, welfare, and growth. *Poultry Science*, 95 (10): 2235–2243. <https://doi.org/10.3382/PS/PEW224>.
- IMN (Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica). 2022. Estaciones meteorológicas automáticas. San José. Costa Rica. <https://www.imn.ac.cr/estaciones-automaticas>.
- Industria Avícola. 2020. Empresas líderes. *Revista Industria Avícola*. <https://www.industriaavicoladigital.com/industriaavicola/april2020/MobilePagedReplica.action?pm=2&folio=8#pg10> (consultado el 17 de julio 2020).
- Jacobs, L., S. Melick, N. Freeman, A. Garmyn y F.A.M. Tuytens. 2021. Broiler chicken behavior and activity are affected by novel flooring treatments. *animals: An Open Access Journal from MDPI*, 11 (10). <https://doi.org/10.3390/ANI11102841>.
- Jones, T. A., C.A. Donnelly y M.S. Dawkins. 2005. Environmental and management factors affecting the welfare of chickens on commercial farms in the United Kingdom and Denmark stocked at five densities. *Poultry Science*, 84 (8): 1155–1165. <https://doi.org/10.1093/PS/84.8.1155>.
- Karaarslan, S. y A. Nazlıgöl. 2018. Effects of lighting, stocking density, and access to perches on leg health variables as welfare indicators in broiler chickens. *Livestock Science*, 218, 31–36. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.10.008>.
- Kaurivi, Y.B., R. Laven, R. Hickson, T. Parkinson y K. Stafford, 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. *Animals: An Open Access Journal from MDPI*, 10(9): 1–16. <https://doi.org/10.3390/ani10091597>.
- Kristensen, H.H., G.C. Perry, N.B. Prescott, J. Ladewig, A.K. Ersbøll, y C.M. Wathes. 2006. Leg health and performance of broiler chickens reared in different light environments. *British Poultry Science*, 47(3): 257–263. <https://doi.org/10.1080/00071660600753557>.
- Lourenço da Silva, M. I., I.C. de L. Almeida Paz, G.H.C. Chaves, I.C. de L. Almeida, C.C. Ouros, S.R.L. Souza y A.S.G. Glavina. 2021. Behaviour and animal welfare indicators of broiler chickens

- housed in an enriched environment. PLOS ONE, 16 (9): e0256963. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0256963>.
- Manning, L., Chadd, S.A. y Baines, R. N. 2007. Key health and welfare indicators for broiler production. World's Poultry Science Journal, 63 (1): 46–62. <https://doi.org/10.1017/s0043933907001262>.
- Manteca, X. 2016. Use of outcome- based measures and design-based measures. In OIE (Ed.), 4th OIE Global Conference of Animal Welfare. Guadalajara, México: OIE. Retrieved from <https://old.oie.int/esp/animal-welfare-conf2016/presrec.html>.
- Marchewka, J., T.T.N. Watanabe, V. Ferrante y I. Estevez. 2013. Welfare assessment in broiler farms: Transect walks versus individual scoring. Poultry Science, 92 (10): 2588–2599. <https://doi.org/10.3382/PS.2013-03229>.
- Martland, M.F. 2008. Ulcerative dermatitis dm broiler chickens: The effects of wet litter. Avian Pathology, 14 (3): 353–364. <https://doi.org/10.1080/03079458508436237>.
- Mellor, D.J. 2017. Operational Details of the Five Domains Model and Its Key Applications to the Assessment and Management of Animal Welfare. Animals: An Open Access Journal from MDPI, 7(8): 60. <https://doi.org/10.3390/ANI7080060>.
- Meluzzi, A. y F. Sirri, 2016. Welfare of broiler chickens. 8 (SUPPL. 1), 161–173. <https://doi.org/10.4081/IJAS.2009.S1.161>.
- Mench, Joy. 2018. Advances in Poultry Welfare. En: J. Mench editor. A volume in the Advances in Farm Animal Welfare series. 1 edición. Woodhead Publishing. Cambridge. USA. p 113-129. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100915-4.00018-X>
- Meuser, V., L. Weinhold, S. Hillemacher y I. Tiemann. 2021. Welfare-related behaviors in chickens: characterization of fear and exploration in local and commercial chicken strains. Animals, 11 (3): 679. <https://doi.org/10.3390/ANI11030679>.
- Miranda de la Lama, G.C., L.X. Estévez, W.S. Sepúlveda, M.C. Estrada, A. A. Rayas, M. Villarroel y G.A. María. 2017. Mexican consumers' perceptions and attitudes towards farm animal welfare and willingness to pay for welfare friendly meat products. Meat Science, 125: 106–113. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.12.001>.

- NCC (National Chicken Council). 2020. Animal Welfare for Broiler Chickens. <https://www.nationalchickencouncil.org/policy/animal-welfare/#> (consultado el 6 de octubre del 2021).
- Oloyo, A. y A. Ojerinde. 2019. Poultry Housing and Management. En: A. Kamboh editor. Poultry - An Advanced Learning. primera edición. IntechOpen. p 2-18. <https://doi.org/10.5772/INTECHOPEN.83811>
- Pal, P., D. Dey, B. Sharma, J. Sahu, S. Kumar, S. Choudhary y S. Ghosh. 2019. Effect of light management in broiler production: A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 7(3): 437–441.
- Purswell, J.L., W.A Dozier, H.A. Olanrewaju, J.D. Davis, H. Xin y R.S. Gates. 2012. Effect of temperature-humidity Index on live performance in broiler chickens grown from 49 to 63 days of age. 2012 IX International livestock environment symposium (ILES IX). St. Joseph, MI: American Society of Agricultural and Biological Engineers. <https://doi.org/10.13031/2013.41619>.
- Sandøe, P., S.A. Corr, T.B. Lund y B. Forkman. 2019. Aggregating animal welfare indicators: can it be done in a transparent and ethically robust way? *Animal Welfare*, 28 (1): 67–76. <https://doi.org/10.7120/09627286.28.1.067>.
- SCAHAW. (Scientific Committee on Animal health and Animal Welfare) 2000. The Welfare of Chickens Kept for Meat Production (Broilers). Report of the Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare. Welfare of Chickens Kept for Meat Production (Broilers). European Commission Health & Consumer Protection DirectorateGeneral. https://ec.europa.eu/food/system/files/202012/scicom_scah_out39_en.pdf. (consultado 11 de noviembre del 2021).
- Sellier, N., E. Guettier y C. Staub. 2014. A review of methods to measure animal body temperature in precision farming. *American Journal of Agricultural Science and Technology*, 2 (2): 74–99. <https://doi.org/10.7726/ajast.2014.1008>.
- Sprenger, M., C. Vangestel, y F. Tuytens. 2009. Measuring thirst in broiler chickens. *Animal Welfare*, 18 (4): 553–560. Retrieved from <http://hdl.handle.net/1854/LU-1073173>.
- Tahamtani, F.M., I.J. Pedersen y A.B. Riber. 2020. Effects of environmental complexity on welfare indicators of fast-growing broiler chickens. *Poultry Science*, 99 (1): 21–29. <https://doi.org/10.3382/PS/PEZ510>.

- Tao, X. y H. Xin. 2003. Acute Synergistic Effects of Air Temperature, Humidity, and Velocity on Homeostasis of Market-Size Broilers. Retrieved from http://lib.dr.iastate.edu/abe_eng_pubs/142.
- Van de Ven, L.J.F., A.V. van Wagenberg, P.W.G. Groot Koerkamp, B. Kemp y H. van den Brand. 2009. Effects of a combined hatching and brooding system on hatchability, chick weight, and mortality in broilers. *Poultry Science*, 88 (11): 2273–2279. <https://doi.org/10.3382/PS.2009-00112>.
- Vanderhasselt, R. 2013. Improvement the assessment of thirst and foot pad dermatitis in broiler chicken welfare monitoring schemes. Doctoral dissertation, University of Ghent. Ghent. <https://biblio.ugent.be/publication/3262941/file/4336422.pdf>.
- Weeks, C.A., T.D. Danbury, H.C. Davies, P. Hunt y S.C. Kestin. 2000. The behaviour of broiler chickens and its modification by lameness. *Applied Animal Behaviour Science*, 67 (1–2): 111–125. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(99\)00102-1](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(99)00102-1).
- Welfare Quality Project. 2009. Welfare Quality® Assessment protocol for poultry. Retrieved August 14, 2021, from <http://www.welfarequality.net/media/1293/poultry-protocol-watermark-6-2-2020.pdf>.
- Yassin, H., A.G.J. Velthuis, M. Boerjan y J.V. van Riel. 2009. Field study on broilers' first-week mortality. *Poultry Science*, 88 (4): 798–804. <https://doi.org/10.3382/PS.2008-00292>.
- Yerpes, M., P. Llonch y X. Manteca. 2020. Factors Associated with Cumulative First-Week Mortality in Broiler Chicks. *Animals*, 10 (2). <https://doi.org/10.3390/ANI10020310>.
- Zamora-Sanabria, R., J. Camacho, M.P. Castañeda, J. Elizondo. 2021. Evaluación del bienestar de pollos con el protocolo Welfare Quality® Project a nivel comercial en Costa Rica. *UNED Research Journal*, 13 (2): e3682–e3682. <https://doi.org/10.22458/URJ.V13I2.3682>.