

Efecto de variables ambientales en la muerte al arribo en pollo de engorda en el establecimiento de matanza

Effect of environmental variables in death on arrival in broiler chickens at the slaughterhouse

¹Lizbeth Alejandra Medina-Mendoza, ¹Yesica Janeth Arteaga-Wences, ¹Jesús José Portillo-Loera, ¹Adriana Cervantes-Noriega, ¹Ana Mireya Romo-Valdez, ¹*Francisco Gerardo Ríos-Rincón

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Sinaloa. Boulevard San Ángel No. 3800, Oriente, Fraccionamiento San Benito, C. P. 80246, Culiacán, Sinaloa, México. Correos electrónicos: lizbeth.medina.fmvz@uas.edu.mx; yesica.arteaga@uas.edu.mx; portillo6422@uas.edu.mx; adrianacervantes.fmvz@ms.uas.edu.mx; e.ana.romo@uas.edu.mx; fgrios@uas.edu.mx ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-2483-6053>; <https://orcid.org/0000-0002-5877-8101>; <https://orcid.org/0000-0002-5990-7841>; <https://orcid.org/0000-0002-5231-500X>; <https://orcid.org/0000-0002-9424-3235>; <https://orcid.org/0000-0001-6674-4318>

*Autor de correspondencia:

Recibido: 23 de octubre de 2025
Aceptado: 5 de febrero de 2026
Publicado: 23 de febrero de 2026
<https://doi.org/10.33064/iycuaa2026978516>
e8516

RESUMEN

Diversos factores influyen en la muerte al arribo (MaA) del pollo de engorda a la planta de procesamiento. Para determinar el efecto de la combinación de factores ambientales en la MaA por categoría (aves ligeras y pesadas) y turno de producción, se realizó un estudio transversal de asociación durante el otoño en clima cálido subhúmedo extremoso. Se registró la temperatura ambiente, humedad relativa, Índice de Temperatura y Humedad (ITH) y tiempo de espera. La frecuencia de MaA por categoría de producción fue similar (0.15%; $P>0.05$). En el turno matutino las aves estuvieron en confort térmico (ITH 27.0) vs. emergencia térmica en el turno vespertino (ITH 36.0). Tiempo de espera superior a 121 minutos incrementó MaA en pollos de peso ligero (0.20%; $P=0.003$). La mayor frecuencia de MaA ocurre en condiciones severas y emergencia térmica (0.16%; $P<0.005$). Se concluye que las condiciones ambientales más la categoría de producción influyen en la muerte al arribo del pollo de engorda.

Palabras clave: ITH; estrés por calor; bienestar animal; aves; producción avícola.

ABSTRACT

Several factors influence the dead-on-arrival (DOA) of broiler chickens at the processing plant. To determine the effect of the combination of environmental factors on DOA by category (light and heavy-weight broilers) and time of day (morning 00:00 to 11:59; afternoon 12:00 to 23:59), a cross-sectional association study was conducted during the fall

in an extreme subhumid warm climate. Ambient temperature, relative humidity, Temperature and Humidity Index (THI), and waiting time were recorded. The frequency of DOA by production category was similar (0.15%; $P>0.05$). In the morning, the birds were in thermal comfort (THI 27.0) vs. thermal emergency in the afternoon (THI 36.0). Waiting times exceeding 121 minutes increased DOA in light-weight broilers (0.20%; $P=0.003$). The highest frequency of DOA occurs in conditions of severe and thermal emergencies (0.16%; $P<0.005$). It is concluded that environmental conditions and production category influence dead-on-arrival of broiler chickens.

Key words: THI; heat stress; animal welfare; chickens; poultry production.

INTRODUCCIÓN

La carne de pollo es la segunda fuente de proteína de mayor consumo en el mundo; esto se refleja en la producción de 103 millones de toneladas (Mt) registrada en el año 2024, en tanto que el consumo en el mismo año fue de 101.5 Mt; en este contexto destacan Estados Unidos, China, Brasil, Unión Europea, Rusia y México, como los principales productores y que también resultan ser los principales consumidores (COMECARNE, 2025); en este escenario, el consumo de carne de pollo en México fue de 4 millones 992 mil toneladas que equivale a 37.9 kg *per cápita* anuales (SADER, 2025). Para abastecer la alta demanda de carne de pollo a la población humana, diariamente en todo el mundo se movilizan millones de aves a los establecimientos de matanza (Gickel, Visscher, Kemper & Spindle, 2024). Yu *et al.* (2024), afirman que para mitigar el estrés ocasionado durante el transporte se han implementado diferentes intervenciones, incluida la menor densidad en las jaulas de contención y reducir la duración del viaje. Un indicador que facilita la valoración de factores de riesgo inherentes al manejo *antemortem* es la muerte al arribo (MaA) al establecimiento de matanza (Gickel *et al.* 2024); la MaA particularmente se refiere al deceso de aves durante la fase previa a la matanza y con frecuencia elevadas tasas de este indicador significan la pérdida de bienestar (Jainonthee *et al.*, 2025). La MaA suele ser provocada por diversos factores de riesgo entre los que se incluyen el método de captura, estación del año, condición climática y duración del transporte (Pirompu, Sivapirunthep, Punyapornwithaya, & Chaosap, 2023), y su valoración por medio de evidencia científica es fundamental para determinar la asociación de la tasa de MaA con factores de riesgo ambiental debido a su implicación en el bienestar de las aves. Diversas publicaciones referidas por Allen, Parker, Verheyen, Nicol, & Chang (2023) describen que el valor de MaA varía desde 0.10% hasta 0.39%; por lo tanto es primordial la valoración de este indicador en regiones cálidas, donde la persistencia de altas temperaturas y alta humedad relativa

durante la mayor parte del año, ocasionan discomfort térmico que disminuye la resistencia fisiológica de los pollos de engorda comerciales contemporáneos porque su metabolismo es más rápido, lo que lleva a producir más calor y en consecuencia mayor propensión al estrés térmico (Lourençoni *et al.* 2019; Onagbesan *et al.*, 2023). El objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de la temperatura ambiente, humedad relativa y tiempo de espera en la muerte al arribo del pollo de engorda por categoría de producción y turno de operación en el establecimiento de matanza.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. El estudio se llevó a cabo en una planta procesadora de aves con certificación Tipo Inspección Federal, ubicada en la zona industrial El Quemadito al sur de la ciudad de Culiacán Rosales, Sinaloa. La planta de procesamiento se localiza en las coordenadas 24°40'25" LN, y 107°26'42" LO; la región presenta clima cálido subhúmedo extremoso con temperatura media anual de 25 °C, temperatura mínima promedio de 10.5 °C en el mes de enero y la máxima promedio es de 36 °C durante los meses de mayo a julio (INEGI, 2022).

Características de las aves. La línea genética de las aves corresponde a la estirpe Ross, con diferente manejo alimenticio y duración del periodo de engorda, conforme a las estrategias de comercialización de la planta procesadora. En el presente estudio se incluyeron pollos de engorda acorde a las siguientes categorías de producción: pollo ligero, cuyo peso osciló entre 1.700 a 2.160 kg; y pollo pesado, que incluyó aves entre un rango de peso de 2.170 a 2.950 kg.

Procedencia de las aves. Las aves provenían de Unidades de Producción Avícola (UPA) ubicadas en la zona centro del estado de Sinaloa que comprende los municipios de Culiacán, Navolato, Mocorito, El Dorado y Elota. La distancia promedio de las UPA a la planta procesadora de aves fue de 28.85 km (mínima de 6.80 y máxima de 54.8 km), y tiempo de recorrido promedio de 51.69 minutos, con un mínimo de 28 minutos y un máximo de 103 minutos.

Transportación de las aves. Las aves se transportaron en vehículos tipo tráiler equipados con plataforma especializada para el traslado de jaulas metálicas de contención (240 cm de largo x 120 cm de ancho x 26 cm de altura); la capacidad de carga de cada plataforma es de veinte estructuras distribuidas en seis niveles que corresponden a seis jaulas de

contención por nivel. Las aves se manejaron conforme a las especificaciones de la NOM-051-ZOO-1995 "Transporte humanitario en la movilización de animales" (SAGARPA, 1995). Durante el periodo de estudio se revisaron 150 plataformas para un total de 1,053,060 pollos incluidos en el presente estudio. Tras la llegada de las aves a la planta de procesamiento, las plataformas se introdujeron al andén de espera; este espacio está equipado con aspersores de agua y ventiladores, mismos que tienen la función de generar un ambiente confortable para mitigar el efecto de la transportación. El tiempo de espera promedio en esta área fue de 93.4 minutos.

Cálculo de la muerte al arribo. Se refiere al número de pollos muertos a la llegada a la planta procesadora. El valor de este indicador se obtuvo a partir del número de aves que murieron durante el manejo *antemortem* dividido entre el número total de aves que se transportaron en la plataforma especializada; este resultado se expresa en porcentaje.

Colección de datos. Se llevó a cabo un estudio transversal de asociación en la estación de otoño del hemisferio norte, durante ocho semanas en los meses de noviembre y diciembre; en el periodo de observación se registraron en el área de espera las variables temperatura ambiental, humedad relativa, categorías de producción, tiempo de espera previo al ingreso al área de colgado y muerte al arribo en las aves, con referencia a los turnos operativos de la planta procesadora de aves: matutino (de 00:00 a 11:59 h) y vespertino (12:00 a 23:59 h).

Con los valores de temperatura ambiental y humedad relativa se calculó el índice de temperatura y humedad (ITH) de acuerdo con la siguiente fórmula: $ITH = T_{max} - (0.55 - (0.0055 \times HR) \times (T_{max} - 14.5))$ (Lallo *et al.*, 2018); conforme a este procedimiento se definen las categorías térmicas para pollo de engorda de la siguiente manera: normal < 27.8; moderado 27.8 - 28.8; severo 28.9 - 29.9; y muy severo (emergencia) ≥ 30.0 .

En la tabla 1 se presenta la descripción y categoría de las variables incluidas en el presente estudio.

Tabla 1
Descripción y categoría de las variables incluidas en el estudio.

Variable	Descripción	Categoría	Referencia
Número de aves	Se refiere al número total de aves transportadas dentro de la jaula de contención.	Cuantitativa	Saraiva, Esteves, Oliveirac, Mitchell & Stiwell, 2020
Categoría de producción	Se refiere a la clasificación comercial del pollo de engorda de conformidad con el rango de peso vivo logrado en la Unidad de Producción Avícola	Cualitativa	Manual de Procedimientos de la Unidad de Producción Avícola
Tiempo de espera	Es el tiempo que transcurre entre la llegada de los camiones a la planta de procesamiento y el ingreso al área colgado de las aves para realizar su matanza.	Cuantitativa	Castañeda <i>et al.</i> , 2013
Muerte al arribo	Aves muertas durante el manejo <i>antemortem</i> desde la Unidad de Producción Avícola hasta su arribo a la planta procesadora.	Cualitativa	Allen <i>et al.</i> , 2023
Humedad relativa	Se refiere a la humedad ambiental, es decir, a la cantidad de vapor de agua presente en el ambiente.	Cuantitativa	Averós, Balderas, Cameño & Estévez, 2020
Temperatura ambiental	Se refiere al estado del ambiente que se manifiesta en el aire y en los cuerpos en forma de calor o frío.	Cuantitativa	Averós <i>et al.</i> , 2020
Índice de temperatura y humedad	Es el indicador meteorológico más utilizado para asociar el efecto del calor sobre el confort térmico en animales no rumiantes	Cuantitativa	Lallo <i>et al.</i> , 2018

Análisis estadístico. Para los valores de temperatura ambiente, humedad relativa e Índice de Temperatura y Humedad, se calculó el promedio por semana de registro en cada turno de procesamiento; se comprobó la normalidad con la prueba de Shapiro-Wilk, con base a ello, probó la igualdad de varianzas con la prueba de F (razón de varianzas); con estos resultados, se realizó la comparación de las medias entre turnos de procesamiento con la prueba de *t* de Student. El nivel de alfa máximo para aceptar diferencia estadística fue 0.05. Se calculó la desviación estándar y el coeficiente de variación, por turno, así como de manera general.

Para los valores de muerte al arribo a la planta de procesamiento, la unidad de observación fue cada pollo. Las frecuencias de los conteos observados se colocaron en cuadros de contingencia $2 \times n$, según la categoría de producción (Pesados, Ligeros), turno de procesamiento (Vespertino, Matutino), tiempo de espera antes del colgado (≤ 60 , 61 a 120, ≥ 121 min) y categoría de ITH (Confort, Alerta, Peligro, Emergencia), para realizar la prueba de Ji cuadrada y Prueba exacta de Fisher para combinaciones de conteos en cuadros 2×2 . El nivel de alfa para aceptar que existe asociación entre el jadeo o la mortalidad con los criterios de clasificación fue máximo de 0.05. Las frecuencias relativas se muestran en porcentaje. Los análisis se realizaron con el paquete estadístico SAS v. 9.0 (SAS, 2002).

RESULTADOS

Condiciones climáticas en el establecimiento de matanza. En la tabla 2, se muestran los valores de las variables climáticas registradas en la planta de procesamiento de aves durante el otoño para el hemisferio norte.

Tabla 2

Promedio de temperatura ambiente, humedad relativa e índice de temperatura y humedad durante el periodo de estudio

		Temperatura °C			Humedad relativa %			ITH ¹		
Semana	n	Min.	Max	Media	Min	Max.	Media	Min.	Max.	Media
Matutino (M) ²										
1	9	20.5	33.1	26.44	31	78	64.89	22.39	37.56	29.84
3	21	17.3	33.7	24.94	38	88	59.05	17.54	38.01	27.58
5	21	16.7	29.6	24.22	49	72	58.95	16.79	34.20	26.81
7	35	13.9	29.6	22.07	34	85	55.71	13.21	32.37	23.79
Promedio	4	17.1 ^a	31.5	24.4 ^a	38	80.8 ^a	59.65	17.5 ^a	35.5	27.0 ^a
D.E.		2.71	2.21	1.81	7.87	7.18	3.82	3.8	2.7	2.5
C.V. %		15.84	7.01	7.44	20.72	8.89	6.4	21.6	7.6	9.3
Vespertino (V) ³										
2	16	31.4	34.3	33.07	43	69	54.81	35.68	41.13	38.11
4	15	28.8	37.1	33.19	32	56	42.60	31.55	40.78	36.97
6	18	31.2	33.8	32.62	23	52	37.94	34.20	38.26	35.85
8	11	27.4	30.6	32.96	49	66	57.91	30.47	35.67	33.24
Promedio	4	29.7 ^b	34.0	33.0 ^b	36.8	60.8 ^b	48.2	33.0 ^b	39.0	36.0 ^b
D.E.		1.94	2.66	1.81	11.56	8.06	9.6	2.4	2.5	2.1
C.V. %		6.5	7.9	7.4	31.5	13.3	19.8	7.3	6.5	5.8
Promedio general	8	23.40	32.73	28.69	37.38	70.75	53.98	25.23	37.25	31.52
D.E.		7.08	2.62	4.72	9.18	12.81	13.56	8.78	3.04	5.28
C.V. %		30.25	7.99	16.46	24.56	18.11	16.79	34.81	8.17	16.75
M vs V, valor de p		0.01	0.22	0.01	0.87	0.01	0.12	0.01	0.12	0.01

n: Numero de plataformas muestreadas; ¹ITH: Índice de Temperatura y Humedad; D.E.: Desviación estándar; C.V.: Coeficiente de variación; Semana 1: 31 de octubre al 1 de noviembre; Semana 2: 4 al 8 de octubre; Semana 3: 11 al 15 de octubre; Semana 4: 19 al 22 de octubre; Semana 5: 26 al 29 de octubre; Semana 6: 2 al 5 de diciembre; Semana 7: 9 al 13 de diciembre; Semana 8: 17 al 20 de diciembre.

¹ITH= $T_{max} - (0.55 - (0.0055 RH) (T_{max} - 14.5))$ (Lallo *et al.*, 2018); Normal ITH <27.8; Moderado ITH 27.9-28.8; Severo ITH 28.9-29.9; Muy severo (Emergencia) ITH >30; ²Matutino: 00:00-11:59 horas; ³Vespertino: 12:00-23:59 horas.

De acuerdo con las semanas de duración del estudio, se presentan los valores promedio, mínimo y máximo de la temperatura, humedad relativa e índice de temperatura y humedad por turno de operación, así como el promedio general correspondiente al periodo de observación de las variables antes referidas.

En la tabla 3, se presentan los resultados de muerte al arribo del pollo de engorda por turno de procesamiento en el establecimiento de matanza. En esta variable no se observaron diferencias entre turno de procesamiento ($P>0.05$). El promedio del indicador MaA en el establecimiento de matanza fue de 0.155%.

Tabla 3
Frecuencia de muerte al arribo en pollo de engorda de acuerdo con el turno de procesamiento

Turno de procesamiento	Muerte al arribo % (n)		
	Si	No	Total
Vespertino	0.16 (696)	99.84 (445,781)	446,477
Matutino	0.15 (921)	99.85 (605,662)	606,583
Valor de p (χ^2)	0.60		

Vespertino: 12:00-23:59 horas. Matutino: 00:00-11:59 horas; p = Probabilidad

Al comparar la frecuencia de muerte al arribo del pollo de engorda de acuerdo con la categoría de producción no se observaron diferencias en esta variable ($P>0.05$); estos resultados se muestran en la tabla 4.

Tabla 4
Frecuencia de muerte al arribo en pollo de engorda en la planta de procesamiento según la categoría de producción.

Categoría de producción	Muerte al arribo % (n)		
	Si	No	Total
Pesados	0.16 (676)	99.84 (426,480)	427,156
Ligeros	0.15 (941)	99.85 (624,963)	625,904
Valor de p (χ^2)	0.31		

p = Probabilidad

En la tabla 5, se muestra que cuando el tiempo de espera de las aves antes de ingresar al área de colgado en el establecimiento de matanza es menor a 120 minutos no se observa diferencia en el indicador MaA ($P>0.05$), pero a partir de los 120 minutos de espera se registró mayor frecuencia de MaA en los pollos de peso ligero (0.20%; $P=0.003$).

Tabla 5

Frecuencia de muerte al arribo en pollo en engorda en la planta de procesamiento de acuerdo con la categoría de producción y el tiempo de espera antes del colgado

Tiempo de espera	Categoría de producción		Valor de p (χ^2)
	Ligeros % (n / total)	Pesados % (n / total)	
≤60 min	0.15 (374 / 245,331)	0.17 (275 / 157,494)	0.087
61-120 min	0.13 (380 / 288,940)	0.14 (138 / 98,801)	0.544
≥121 min	0.20 (187 / 91,633)	0.15 (263 / 170,861)	0.003

La mayor frecuencia de muerte al arribo ocurrió en las categorías de Peligro y en Emergencia Térmica (0.16%; $P < 0.005$); estos resultados se muestran en la tabla 6.

Tabla 6

Frecuencia de muerte al arribo en pollo de engorda en la planta de procesamiento de acuerdo con la categoría de ITH

	Categoría de ITH				Valor de P (χ^2)
	Normal	Moderado	Severo	Emergencia	
Total	310,120	29,438	71,083	642,419	
Muertos	413	42	117	1,045	
% MAA	0.13 ^a	0.14 ^{ab}	0.16 ^b	0.16 ^b	0.005

MAA= Muerte al arribo. Normal: ITH <27.8; Moderado: ITH 27.9-28.8; Severo: ITH 28.9-29.9; Emergencia: ITH >30.

^{ab} Literales diferentes indican diferencia estadística (Prueba exacta de Fisher, $P \leq 0.05$).

DISCUSIÓN

Condiciones ambientales. La media general de la temperatura fue de 24.4 ± 1.81 °C y la humedad relativa de $59.65 \pm 3.82\%$, estas condiciones ambientales contribuyen a crear situaciones confortables en el turno matutino para el pollo de engorda (27.0 ± 2.5 unidades; $P < 0.01$); en cambio, en el turno vespertino las variables ambientales, fueron favorables para generar la categoría de emergencia térmica (36 ± 2.1 unidades; $P < 0.01$) durante la permanencia de las aves en el área de espera previo al ingreso al área de colgado. En el presente estudio, se determinó que en el turno matutino ocurren condiciones ambientales propicias para la termorregulación del pollo de engorda; sin embargo, para asegurar el bienestar de las aves principalmente durante el turno vespertino es necesario activar

medidas de mitigación debido a que en las categorías térmicas Severo y Emergencia, existe mayor riesgo para la estabilidad termorregulatoria del pollo de engorda.

En tal sentido, Bohler, Chowdhury, Cline & Gilbert (2021), afirman que la exposición a los efectos medioambientales adversos, repercuten en el incremento de la sensibilidad de las aves al estrés por calor, que a su vez impacta de manera negativa en su bienestar, debido a que intentan restaurar la homeostasis; estos desafíos alteran el funcionamiento apropiado del organismo e incrementa el riesgo de mortalidad; entre los efectos más notables y por la incapacidad para sudar, las aves activan la liberación de catecolaminas y de epinefrina con la consecuente liberación de corticoides; la expresión de esta actividad fisiológica dependerá de la duración e intensidad del factor causante del estrés (Oluwagbenga & Fraley, 2023); los resultados registrados en el presente estudio confirman que la persistencia de factores ambientales adversos son desfavorables para el pollo de engorda durante el otoño, e influyen de manera negativa en el bienestar de las aves además de que pueden impactar en el incremento de la mortalidad, particularmente en esta región geográfica de la República Mexicana (24°40'25" LN, y 107°26'42" LO) que presenta durante la mayor parte del año condiciones climáticas cálidas y subhúmedas, que comprometen el confort térmico del pollo productor de carne (Omowono & Falay, 2021), sobre todo porque la carga calórica ambiental acumulada es persistente durante la mayor parte del día, como se ha demostrado mediante el registro del ITH como indicador meteorológico.

Muerte al arribo. La muerte al arribo de las aves al establecimiento de matanza es un punto crítico en términos de bienestar y economía en la producción avícola, debido a que refleja el impacto acumulado del manejo *antemortem* en el indicador de mortalidad de las aves (Jainonthee *et al.*, 2025); por esta razón, se considera una guía fundamental en la evaluación del bienestar de las aves productoras de carne; además, cabe resaltar qué bajo condiciones comerciales resulta difícil determinar las causas de mortalidad al arribo al establecimiento de matanza, por lo que los resultados del presente estudio contribuyen a disponer de esta información, principalmente asociada a factores ambientales, al tipo de ave productora de carne y a los turnos de operación de la planta procesadora de aves.

Al respecto, se afirma que diversos factores influyen en la expresión de este indicador; así Warris, Bevis, Brown & Edwards (1992) en su reconocido estudio, determinaron la influencia de la duración del transporte en la muerte al arribo del pollo de engorda durante su traslado al establecimiento de matanza; cuando los viajes excedían las cuatro horas, se registró

0.283% de muerte al arribo, en cambio con una duración promedio a 3.3 horas la incidencia de aves muertas fue de 0.156%. Por su parte Haslam *et al.* (2008), determinaron un promedio de 0.12%, en un rango extremo de 0 a 0.64% de aves muertas al arribo, asociado a diversos factores tales como el peso de las aves, calidad nutricional de la dieta, tasa de mortalidad en la granja y la estirpe de las aves.

Para reducir la mortalidad del pollo de engorda al arribo, Allen *et al.* (2023), proponen que se disponga de un protocolo que incluya las operaciones de manejo durante la captura, transporte y la recepción de las aves en la planta de procesamiento; en este sentido Onagbesan *et al.* (2023) agregan que se deben considerar aspectos relacionados con su fisiología y la relación que guarda con las variables medio ambientales.

Al respecto, en el presente estudio se observó que el valor promedio de este indicador fue de 0.155% (tabla 3); en comparación con las tasas medias de MaA, se reconoce una amplia variación del indicador en distintas partes del mundo, desde valores inferiores de 0.10% hasta valores extremos de 0.39% (Allen *et al.*, 2023); por este motivo al cuantificar este indicador en la planta de procesamiento, se podrá incluir su registro y análisis como parte del procedimiento asociado al bienestar del pollo de engorda, así como establecer valores de referencia para el oportuno seguimiento del indicador en concordancia con el manejo *antemortem*.

Al considerar la categoría de producción, es decir pollos pesados y pollos ligeros, se observó que el promedio general de muerte al arribo del pollo de engorda al establecimiento de matanza fue de 0.155% (tabla 4); dicho valor es inferior al promedio referido por Vecerek, Grbalova, Voslarova, Janackova & Malena (2006) de 0.247%; y al rango registrado por Jacobs, Delezie, Duchateau, Goethals & Tuytens (2017) y Pirompud *et al.* (2023), quienes describen frecuencias de entre 0.2 a 0.5%. En apariencia 0.155% de MaA no denota una pérdida significativa, sin embargo, en establecimientos de matanza de aves con grandes volúmenes de proceso representa un impacto relevante.

Los factores tales como la categoría de producción de las aves, el tiempo de espera posterior al arribo al establecimiento de matanza (tabla 5) y la categoría de ITH (tabla 6), particularmente en este caso durante el otoño, son factores que mayormente influyeron en la expresión de este indicador durante el arribo del pollo de engorda al área de espera en la planta de procesamiento. Al respecto, Vieira, Portugal, de Borda, Angrecka, Herbut,

Jongbo, De Souza & Deniz (2024), afirman que el uso de protocolos industriales con escasa o nula base científica aumenta el riesgo de estrés y afecta el bienestar del pollo de engorda en operaciones de manejo *antemortem*, máxime en ambientes cálidos y húmedos, que derivan en el incremento de la muerte al arribo.

El peso corporal del pollo de engorda se considera un factor de riesgo que contribuye a la tasa de mortalidad al arribo. Piropud *et al.* (2023) registraron un incremento en la tasa de mortalidad al arribo en pollos de mayor peso corporal sumado a un largo tiempo de espera, a diferencia de lo observado en el presente estudio en donde mueren más aves de peso ligero, sin embargo, esto puede estar asociado al incremento de la densidad en la jaula de contención. En México, la NOM-009-ZOO-1994 "El proceso sanitario de la carne" enuncia para establecimientos de matanza de aves con certificación Tipo Inspección Federal, que el tiempo de espera previo a la matanza del pollo de engorda debe ser igual al tiempo destinado a la inspección *antemortem* sin detallar un tiempo específico; esto puede representar un factor de riesgo que contribuya al incremento de la mortalidad durante la permanencia de los pollos en el área de espera del establecimiento de matanza. Entre algunas medidas de mitigación en climas tropicales, cálidos y húmedos se encuentran el uso de ventiladores y aspersores durante el periodo de espera, sin embargo, no pueden ser suficientes si este se alarga por alguna causa inherente al proceso de producción que pueda prolongar la demora para el ingreso al área de colgado (Abidin, Sulaiman, Ramiah, Awad & Idrus, 2022).

CONCLUSIONES

La mortalidad al arribo del pollo de engorda en la planta de procesamiento se asocia principalmente con las condiciones ambientales relacionadas a la elevada temperatura y humedad relativa expresada a través del índice de temperatura y humedad. En el caso particular de los pollos de peso ligero, estos factores comprometen la capacidad del ave para mantener la termoneutralidad, reduciendo su resistencia física durante el tiempo de espera mayor a 121 minutos.

Por ello es fundamental disponer de procedimientos estandarizados que incluyan valores de referencia para este indicador en relación con las condiciones ambientales por estación del año, tiempo de transporte, tiempo de espera y contingencias asociadas a la operación de la planta procesadora de aves; además incluir en el protocolo de manejo *antemortem* la densidad en las jaulas de contención con referencia a la categoría de producción y

época del año; es prioritario conforme a los resultados del presente estudio, considerar otros indicadores de bienestar como la presencia de jadeo para detonar medidas de mitigación que contribuyan a mejorar las condiciones fisiológicas de las aves y reducir la mortalidad al arribo.

REFERENCIAS

- Abidin, Z.Z., Sulaiman, N.F.A., Ramiah, S.K., Awad, E.A., & Idrus Z. (2022). The effect of water shower spray on stress physiology and mortality in broiler chickens subjected to road transportation under the hot and humid tropical condition. *Tropical Animal Health Production*. 54, 354. <https://doi.org/10.1007/s11250-022-03360-y>
- Allen, S.E., Parker, C.D., Verheyen, K.L.P., Nicol, C.J., & Chang, Y.M. (2023). Effects of external ambient temperature at loading, journey duration and flock characteristics on the dead on-arrival rate in broiler chickens transported to slaughter in Great Britain. *Poultry Science*. 102 (6):102634. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102634>.
- Averós, X., Balderas, B., Cameño, E., & Estévez, I. (2020). The value of a retrospective analysis of slaughter records for the welfare of broiler chickens. *Poultry Science*. 99: 5222–5232 DOI:10.1016/j.psj.2020.08.026
- Bohler, M.W., Chowdhury, V.S. Cline, M.A. & Gilbert, E.R. (2021). Heat stress responses in birds: A review of the neural components. *Biology (Basel)*. 25:10(11):1095. <https://doi.org/10.3390/biology10111095>.
- Castañeda, M.S., Braña, D.V., Delgado, E.S., Tejeda, R.G., Vázquez, A.D., & Martínez, W.V. (2013). Embarque de aves programa de ayuno y captura. *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias*. ISBN 978-607-37-0056-6.
- COMERCANE. (2025). Consejo Mexicano de la Carne. Compendio Estadístico 2025. Disponible en www.comecarne.org
- Gickel, J., Visscher, C., Kemper, N., & Spindler, B. (2024). Analysis of the broiler chicken dead-on-arrival (DOA) rate in relation to normal transport conditions in practice in Germany. *Animals*. 14, 1947. <https://doi.org/10.3390/ani14131947>
- Haslam, S. M., Knowles, T. G., Brown, S. N., Wilkins, L. J., Kestin, S. C., Warriss, P. D., & Nicol, C. J. (2008). Prevalence and factors associated with it, of birds dead on arrival at the slaughterhouse and other rejection conditions in broiler chickens. *British Poultry Science*, 49(6), 685–696. <https://doi.org/10.1080/00071660802433719>
- INEGI. (2022). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2022. Aspectos geográficos de Sinaloa. Documento disponible en:

https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/889463913306.pdf

- Jacobs, L., Delezie, E., Duchateau, L., Goethals, K., & Tuytens F. (2017). Impact of the separate pre-slaughter stages on broiler chicken welfare. *Poultry Science*. 96 (2):266-273. <https://doi.org/10.3382/ps/pew361>.
- Jainonthee, C., Sanwisate, P., Sivapirunthep, P., Chaosap, C., Pichpol, D., Mektrirat, R., Chadsuthi, S., & Punyapornwithaya, V. (2025). Predicting and explaining high dead-on-arrival outcomes in meat-type ducks using deep learning: A path to improved welfare management. *Poultry Science*. 104:9. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105439>.
- Lallo, C.H.O., Cohen, J., Rankine, D., Taylor, M., Campbell, J., & Stephenson, T. (2018). Characterizing heat stress on livestock using the temperature humidity index (THI) prospects for a warmer Caribbean. *Regional Environmental Change*. 18:2329–2340. <https://doi.org/10.1007/s10113-018-1359-x>
- Lourençoni, D., Yanagi Junior, T., de Abreu, P.G., Campos, A.T., & Yanagi, S.N.M. (2019). Productive responses from broiler chickens raised in different commercial production systems – part i: fuzzy modeling. *Engenharia Agrícola Jaboticabal*. 39 (1):1-10. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v39n1p1-10/2019>
- Oluwagbenga, E.M., & Fraley, G.S. (2023). Heat stress and poultry production: a comprehensive review. *Poultry Science*. 102:103141. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.103141>
- Omomowo, O.O., & Falayi, F.R. (2021). Temperature-humidity index and thermal comfort of broilers in humid tropics. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*. 23 (3):101-110. <http://www.cigrjournal.org>
- Onagbesan, O.M., Uyanga, V.A., Oso, O., Tona, K., & Oke, O.E. (2023). Alleviating heat stress effects in poultry: updates on methods and mechanisms of actions. *Frontier in Veterinary Science*. 10:1255520. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1255520>
- Pirompud, P., Sivapirunthep, P., Punyapornwithaya, V., & Chaosap, C. (2023). Preslaughter handling factors affecting dead on arrival, condemnations, and bruising in broiler chickens raised without an antibiotic program. *Poultry Science*. 102:(8) 102828. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102828>.
- SAGARPA. (1994). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. NOM-009-ZOO-1994. Proceso sanitario de la carne Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de noviembre de 1994. Documento disponible en: <https://www.gob.mx/senasica/documentos/nom-009-zoo-1994>

- SAGARPA. (1995). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. NOM-051-ZOO-1995. Transporte humanitario en la movilización de animales. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de marzo de 1998. Documento disponible en: <https://www.gob.mx/senasica/documentos/nom-051-zoo-1995>
- SADER. (2025). Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Panorama Agroalimentario 2025. Dirección General del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Disponible en: www.sader.gob.mx/agricultura/dgsiap
- Saraiva, S., Esteves, A., Oliveira, I., Mitchell, M., & Stilwell, G. (2020). Impact of pre-slaughter factors on welfare of broilers. *Veterinary and Animal Science*. 10:100146. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2020.100146>
- SAS Institute. (2002). Statistical Analysis Software. SAS/STAT System for Windows 9.0. Cary, NC, USA. SAS Institute Inc. ISBN: 978-1-60764-599-3. http://www.sas.com/en_us/software/analytics/stat.html#
- Vecerek, V., Grbalova, S., Voslarova, E., Janackova, B., & Malena, M. (2006). Effects of travel distance and the season of the year on death rates of broilers transported to poultry processing plants. *Poultry Science*. 85:1881–1884. <https://doi.org/10.1093/ps/85.11.1881>
- Vieira, F.M.C., Portugal, M.A.G., de Borba, L.P., Angrecka, S., Herbut, P., Jongbo, A.O., De-Sousa, K.T., & Deniz, M. (2024). Poultry preslaughter operations in hot environments: The present knowledge and the next steps forward. *Animals*. 14:2865. <https://doi.org/10.3390/ani14192865>
- Warris, P. D., Bevis, E. A., Brown, S. N., & Edwards, J. E. (1992). Longer journeys to processing plants are associated with higher mortality in broiler chickens. *British Poultry Science*, 33(1), 201–206. <https://doi.org/10.1080/00071669208417458>
- Yu, M., Oketch, E.O., Chathuranga, N.C., Nawarathne, S.R., Hong, J.S., Maniraguha, V., Cruz, B.G.S., Seo, E, Lee, J., Park, H., & Heo, J.M. (2024). Effect of crating density and weather conditions during transit on preslaughter losses, physiological characteristics, and meat quality in broilers. *Journal of Animal Science and Technology*. 66(6):1170-1181. <https://doi.org/10.5187/jast.2023.e132>